VOLUME 2

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL

VOLUME 01

1. INTRODUÇÃO
2. INFORMAÇÕES GERAIS
3. JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO
4. ABORDAGEM METODOLÓGICA GERAL
5. ASPECTOS LEGAIS
6. PROJETOS, PLANOS E PROGRAMAS COLOCALIZADOS
7. ESTUDO DE ALTERNATIVAS
8. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
9. ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES (ÁREAS DE ESTUDO)

VOLUME 02

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES
    - 10.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES MEIO FÍSICO

VOLUME 03

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES
    - 10.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES MEIO BIÓTICO

VOLUME 04

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES
    - 10.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES MEIO SOCIOECONOMICO E CULTURAL

VOLUME 05

11. ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA (PONTOS NOTÁVEIS)
12. ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL (MODELAGEM DISPERSÃO)
13. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS
14. PROGRAMAS AMBIENTAIS
15. PROGNÓSTICO
16. CONCLUSÃO

VOLUME 06

ANEXOS - TOMO I

17.I-1 – TERMO DE REFERÊNCIA
- 17.I-1.1 – TERMO DE REFERÊNCIA
- 17.I-1.2 – CARTA MKR SOLICITAÇÃO ALTERAÇÃO TR
- 17.I-1.3 – OFÍCIO 87_09_EMEE
- 17.I-1.4 – E-MAIL APRESENTAÇÃO MAPAS EM A3.
- 17.I-1.5 – E-MAIL QUANTIDADE DE CÓPIAS

17.I-2 – UTILIDADE PÚBLICA
- 17.I-2.1 – PORTARIA ANP 170/98

17.I-3 – CRONOGRAMA DO EMPREENDIMENTO

17.I-4 – LISTA DE ASSOCIADOS UNIDUTO

17.I-5 – MANIFESTAÇÕES DAS CONCESSIONÁRIAS
- 17.I-5.1 – ALL LOGÍSTICA – PROTOCOLO E CERTIDÃO
- 17.I-5.2 – EMAE - PROTOCOLO
- 17.I-5.3 – CCR AUTOBAN - PROTOCOLO
- 17.I-5.4 – CCR VIAOESTE - PROTOCOLO
- 17.I-5.5 – DERSA - PROTOCOLO
- 17.I-5.6 – ECOVIAS – PROTOCOLO
- 17.I-5.7 – ARTESP
- 17.I-5.8 – FCA

17.I-6 – CARTA PETROBRAS

17.I-7 – MANIFESTAÇÃO DAS PREFEITURAS
- 17.I-7.1 – CERTIDÕES DE USO DO SOLO
- 17.I-7.2 – EXAMES TÉCNICOS

17.I-8 – MANIFESTAÇÕES OUTROS ÓRGÃOS
- 17.I-8.1 – PROTOCOLO E MANIFESTAÇÃO IPHAN
- 17.I-8.2 – DAEE
- 17.I-8.3 – MANIFESTAÇÃO FUNAI
- 17.I-8.4 – MANIFESTAÇÃO FUNDAÇÃO PALMARES
- 17.I-8.5 – MANIFESTAÇÃO CAPITANIA DOS PORTOS
- 17.I-8.6 – NORMATIZAÇÃO ANTAQ

17.I-9 – ART

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO II

17.II – PLANTA E PERFIL

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO III

17.III-1 – PLANTA DE LAYOUT

17.III-2 – DRENAGENS TERMINAIS

17.III-3 – LISTA DE INTERFERÊNCIAS/CRUZAMENTOS

17.III-4 – DETALHES TÍPICOS

17.III-5 – CD ARQUIVO DIGITAL TRAÇADO – ARQUIVOS SHP E DWG (01 CD)

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO IV

17.IV-1 – MAPA GEOLÓGICO; 1:250.000

17.IV-2 – MAPA GEOMORFOLÓGICO; 1:250.000

17.IV-3 – MAPA PEDOLÓGICO; 1:250.000

17.IV-4 – MAPA GEOTÉCNICO; 1:250.000

17.IV-5 – MAPA GEOLÓGICO; 1:50.000

17.IV-6 – MAPA GEOMORFOLÓGICO; 1:50.000

17.IV-7 – MAPA GEOTÉCNICO; 1:50.000

17.IV-8 – MAPA DE ATIVIDADES MINERÁRIAS;1:50.000

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO V

17.V-1 – MAPA DE HIDROGRAFIA E DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS; 1:250.000

17.V-2 – MAPA DE HIDROGRAFIA, QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA, SEDIMENTO, BENTOS E ICTIOFAUNA; 1:10.000

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO VI A

17.VI A-1 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL; 1:250.000

17.VI A-2 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL E PONTOS DE AMOSTRAGEM DE FAUNA E DE FLORA; 1:10.000

ANEXOS - TOMO VI B

17.VI B-1 – MAPA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS; 1:250.000

17.VI B-2 – MAPA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS PROTEGIDAS EM PRCESSO DE CRIAÇÃO; 1:10.000

ANEXOS - TOMO VI C

17.VI C – MAPA DE OUTRAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE; 1:10.000

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO VII

17.VII-1 – MAPA DE USO DO SOLO; 1:10.000

17.VII-2 – ZONEAMENTOS MUNICIPAIS

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO VIII

17.VIII-1 – CADASTRO DAS PROPRIEDADES (TITULARIDADE)

17.VIII-1.1 – TABELAS DE PROPRIEDADE

17.VIII-1.2 – CADASTRO DAS PROPRIEDADES (MATRÍCULAS)

17.VIII-2 – FICHA INFORMAÇÃO DOS PRODUTOS

17.VIII-3 – RELATÓRIO CÁLCULO VAZAMENTOS

17.VIII-4 – RELATÓRIO ACESSO CAIEIRAS E MANIFESTAÇÃO DA PREFEITURA

17.VIII-5 – RELATÓRIO EMISSÕES

17.VIII-6 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ANCORAGEM DA MONOBOIA

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO IX A

17.IX A – ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA; 1:10.000

ANEXOS - TOMO IX B

17.IX B – ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA; 1:10.000

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO X

TOMO X A

17.X A-1.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA GUARUJÁ
17.X A-1.2 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA GUARUJÁ

TOMO X B

17. X B-1.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA CAIEIRAS
17. X B-1.2 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA CAIEIRAS
17. X B-2.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA SANTA BARBARA D'OESTE
17. X B-2.2 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA SANTA BARBARA D'OESTE

TOMO X C

17. X C-1.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA PAULINIA
17. X C-1.2 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA PAULÍNIA

TOMO X D

17. X D-1.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA BOTUCATU
17. X D-1.2 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA BOTUCATU
17. X D-2.1 – RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA ANHEMBI

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO XI

17.XI – MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO DA PLUMA DE COMBUSTÍVEIS

VOLUME 07

ANEXOS - TOMO XII

17.XII-1 – LICENÇA IBAMA FAUNA

17.XII-2 – LAUDOS LABORATORIAIS, VARIÁVEIS ANALISADAS, MÉTODOS ANALÍTICOS E RESULTADOS DAS ANÁLISES

17.XII-2.1 – Laudos laboratoriais – Guarujá

17.XII-2.2 – Laudos laboratoriais – Anhembi

17.XII-2.3 – Variáveis analisadas e métodos analíticos - Guarujá

17.XII-2.4 – Variáveis analisadas e métodos analíticos - Anhembi

17.XII-2.5 – Resultados das análises - Guarujá

17.XII-2.6 – Resultados das análises - Anhembi

17.XII-3 – LISTA DE ESPÉCIES

17.XII-3.1 – Vegetação AID/ADA

17.XII-3.2 – Fauna de Vertebrados Terrestres AII

17.XII-3.3 – Fauna de Vertebrados Terrestres AID/ADA

17.XII-3.4 – Ictiofauna AII

17.XII-3.5 – Ictiofauna AID/ADA

17.XII-4 – RELATÓRIOS FOTOGRÁFICOS

17.XII-4.1 – Relatório Fotográfico Fauna de Vertebrados Terrestres

17.XII-5 – LISTA DE FIGURAS/QUADROS/TABELAS/ETC

17.XII-6 – BIBLIOGRAFIA

VOLUME 07

ANEXOS –TOMO XIII

17.XIII – ESTUDO DE ARQUEOLOGIA PREVENTIVA; PROTOCOLO E MANIFESTAÇÃO IPHAN

VOLUME 07

ANEXOS – TOMO XIV

17.XIV – ESTUDOS CORRELACIONADOS – MEIO DIGITAL (DVD)

17.XIV-1 – Análise Ambiental das Alternativas de Implantação do Empreendimento – MKR – outubro/2008

17.XIV-2 – Relatório Técnico – Análise das Restrições de Transposição da Serra do Mar" – MKR – setembro/2009

17.XIV-3 – Estudo de Traçado – Carta de Restrições Ambientais – Trecho Sertãozinho/Taboão da Serra – MKR – abril/2009

17.XIV-4 – Análise de Alternativas de Traçado – Serra do Quilombo / Piaçaguera – MKR – junho/2009

17.XIV-5 – Relatório da Análise de Traçado – Estrada do Mirante – UHE Henry Borden – MKR – agosto/2009

17.XIV-6 – Relatório de Vistoria Técnica – Alternativa Represa Rio das Pedras – MKR – setembro/2009

17.XIV-7 – Estudo de Restrições Ambientais – Carta de Restrições Ambientais (Traçado Plano B – Mairinque e Jacareí) – MKR – setembro/2009

17.XIV-8 – Estudo de Restrições Ambientais – Escala 1:50.000 – Carta de Restrições Ambientais – Plano A – Traçado 11/08/09 – MKR – setembro/2009

17.XIV-9 – Relatório de Vistoria Técnica Imigrantes – Interligação – MKR – novembro/2009

17.XIV-10 – Análise Ambiental Comparativa entre o traçado Anchieta e o traçado alternativo Imigrantes – MKR – dezembro/2009

17.XIV-11 – Estudo de Restrições Ambientais para os Trechos Sul e Oeste do Rodoanel – MKR – março/2010

17.XIV-12 – Relatório de Vistoria Técnica e Identificação de Restrições Ambientais – MKR – junho/2009

17.XIV-13 – Relatório de Vistoria Técnica – Áreas nos Municípios de Botucatu, Anhembi e Bofete – MKR – agosto/2009

17.XIV-14 – Relatório de Vistoria Técnica – Áreas no município de Santa Bárbara d'Oeste – MKR – julho/2009

17.XIV-15 – Relatório Técnico – Análise das restrições ambientais de dois lotes no município de Paulínia – MKR – dezembro/2009

17.XIV-16 – Relatório de Vistoria Técnica – área no município de Osasco – MKR – junho/2009

17.XIV-17 – Relatório Técnico – área no município de São Paulo – Perus – MKR – junho/2009

17.XIV-18 – Relatório Técnico – área no município de Cajamar – MKR – junho/2009

17.XIV-19 – Relatório Técnico – área no município de Carapicuíba – MKR – junho/2009

17.XIV-20 – Relatório Técnico – área no município de Osasco – MKR – junho/2009

17.XIV-21 – Relatório Técnico – área no município de Carapicuíba – MKR – julho/2009

17.XIV-22 – Relatório Técnico – área no município de Caieiras – MKR – outubro/2009

17.XIV-23 – Relatório Técnico – área no município de Cotia – MKR – outubro/2009

17.XIV-24 – Carta de Restrições Ambientais e considerações sobre a implantação de terminal e dutovia na propriedade da Induscred, município do Guarujá – MKR – fevereiro/2009

17.XIV-25 – Carta de Restrições Ambientais – Terminal Guarujá – Área II – MKR – março/2009

VOLUME 08

18. UC

TOMO I

18.I-1 – UNIDADE DE CONSERVAÇÃO E OUTRAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

TOMO II

18.II-1 – MAPA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS; 1:250.000

18.II-2 – MAPA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS PROTEGIDAS EM PROCESSO DE CRIAÇÃO; 1:10.000

TOMO III

18.III – MAPA DE OUTRAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE; 1:10.000

VOLUME 9

ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO - EAR

CAPÍTULO 10 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES – MEIO FÍSICO

INDICE

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES 1

10.1 MEIO FÍSICO 1

10.1.1 Geologia 1

10.1.2 Hidrogeologia 83

10.1.3 Geomorfologia 124

10.1.4 Pedologia 204

10.1.5 Geotecnia 225

10.1.6 Atividades Minerárias 343

10.1.7 Qualidade das Águas Superficiais 353

10.1.8 Qualidade das Águas e dos Sedimentos – Pontos de Coletas de Dados Primários 506

10.1.9 Dinâmica de Sedimentação do Litoral Paulista 592

10.1.10 Clima 597

10.1.11 Qualidade do Ar 612

10.1.12 Ruídos e Vibrações 685

10.1.13 Investigação de Passivos Ambientais 691

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES

10.1 MEIO FÍSICO

10.1.1 GEOLOGIA

10.1.1.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Como visto no capítulo anterior, para os temas do meio físico projetou-se preliminarmente como Área de Influênica Indireta do empreendimento (AII) a área das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos atravessadas pela dutovia.

A dutovia projetada cruza, a partir do Guarujá, as Ugrhis 7 (Baixada Santista), 6 (Alto Tietê), 05 (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), 10 (Sorocaba/Médio Tietê), 09 (Mogi-Guaçu) e 04 (Pardo).

Contudo, dadas as particularidades do projeto, principalmente por se tratar de obra linear e por sua elevada extensão, optou-se por dar enfoque a uma faixa ao longo da dutovia, com largura de 10 Km (05 Km para cada lado do eixo projetado).

Como na região da Baixada Santista ocorrem diversos corpos d'água que se encontram sob influência da maré e na Região Metropolitana de São Paulo ocorrem reservatórios de água utilizados para o abastecimento público, cujas bacias hidrográficas se encontram protegidas por leis (Área de Proteção e recuperação de Mananciais), a largura da faixa da AII foi adequada nesses intervalos, e somente para alguns temas do meio físico, apresentando larguras eventualmente superiores a 20 km, buscando contextualizar as eventuais interferências da futura dutovia com essas áreas mais sensíveis.

Para o estudo e apresentação dos aspectos geológicos da AII foram adotados – com simplificações – o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), em escala 1:500.000; as cartas geológicas Campinas SF.23-Y-A e São Paulo SF.23-Y-C do Projeto de Integração Geológico-metalogenética, Folha Rio de Janeiro SF.23 (CPRM, 1999), na escala 1:250.000, bem como suas respectivas notas explicativas (SACHS, 1999; MORAIS, 1999a e b); as folhas Bauru SF.22-Z-B (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto SF.23-V-C (DAEE-UNESP, 1982) do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:250.000; e o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2006), em escala 1:750.000.

Dada a abundância das unidades geológicas atravessadas pela dutovia – e a consequente terminologia existente, – buscou-se a apresentação simplificada dos mapas geológicos da AII. Esses mapas englobam litotipos semelhantes ou unidades geológicas ou estratigráficas afins – tais como membros ou fomações sedimentares ou metamórficas, ou ainda, intrusões ígneas diversas associadas a um determinado grupo ou complexo geológico – visando à apresentação dos aspectos principais da Geologia regional e de importância para os estudos do meio físico da dutovia. Quando necessário, ainda nos mapas e textos da AII, foram acrescentadas outras informações geológicas relevantes, chamando atenção para os aspectos pertinentes abordados com detalhe mais adiante, nos mapas e textos de Geologia na faixa da AID/ADA.

Para o estudo e apresentação dos aspectos geológicos da AID/ADA foram adotados as cartas geológicas Campinas, São Paulo e Santos (CPRM, 1999); as folhas Bauru (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto (DAEE-UNESP, 1982) do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:250.000; e o mapa geológico da folha Santos de Suguio e Martin (1978), em escala 1:100.000, em função do seu maior grau de detalhe. Relativamente aos trabalhos adotados para o estudo geológico da AII, as referidas cartas diferem pela redefinição das rochas sedimentares que compõem a Bacia de São Paulo, que passa a incluir unicamente a Formação Resende na área da AID/ADA, pelo abandono da terminologia Complexo Pilar e integração de suas unidades litológicas ao Complexo Embu, que ocupa grande parte da região metropolitana de São Paulo, bem como pela subdivisão do Complexo Costeiro. A Baixada Santista também recebeu maior detalhamento, com o desmembramento dos Sedimentos Marinhos e Mistos em três tipos.

Foram identificadas e delimitadas as unidades e estruturas geológicas, com base na interpretação de fotografias aéreas e comparações com os levantamentos geomorfológicos e caracterizadas as litologias que constituem essas unidades e estruturas. Os dados obtidos foram objeto de aferições de campo, realizadas por meio de reconhecimento das principais unidades e estruturas mapeadas, em exposições observadas nas principais rodovias e drenagens existentes nas áreas de influência do empreendimento.

Considerando os aspectos gerais do Meio Físico, a Área de Influência Direta (AID) da futura dutovia foi definida preliminarmente como uma faixa, e contempla a largura de 1 km para cada lado em relação ao eixo do traçado.

10.1.1.2 Área de Influência Indireta (AII)

10.1.1.2.1 Introdução

A dutovia irá se desenvolver desde o Município de Guarujá, na Baixada Santista, até o Município de Serrana, no trecho SE-NW do traçado, e desde Botucatu, a oeste, até as imeadiações do Reservatório Salto Grande a leste, em Paulínia, no trecho E-W do traçado, com intersecção de ambos na região de Santa Bárbara d'Oeste.

A porção da dutovia que abrange desde a Baixada Santista até o extremo noroeste do Município de São Paulo acompanha o traçado da rodovia Cônego Domênico Rangoni, desde a estaca 1+3.850m até a estaca 4+3.140m, aproximadamente, segue paralelamente a Rodovia Anchieta até a Usina Henry Borden, onde passa a acompanhar seus dutos até a válvula, a partir de onde segue a estrada de acesso até seu entroncamento com a Rodovia Caminho do Mar. A partir daí, continua submersa por sob um braço do Reservatório do Rio das Pedras, reencontra a Estrada do Mirante e toma a via de acesso Imigrantes-Anchieta até a Rodovia dos Imigrantes, correndo paralela à essa última até a sua intersecção com o trecho sul do Rodoanel Mário Covas na altura da estaca 7+5.120m. Desta até a estaca 14+4.450m, o traçado da dutovia acompanha aproximadamente os trechos sul e oeste do Rodoanel Mário Covas.

No traçado da dutovia descrito acima – do litoral até o entrocamento com a Rodovia dos Bandeirantes – do ponto de vista geológico, a referida porção do empreendimento interceptará Coberturas Cenozóicas da Planície Costeira, no extremo sudeste, e o embasamento cristalino, representado pelos complexos Costeiro, Pilar e Embu, pelos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, e por rochas granitóides intrusivas, desde o município de Cubatão até a região noroeste da cidade de São Paulo, passando pelos sedimentos paleógenos da Bacia de São Paulo. Cortará, ainda, os sedimentos quaternários das bacias de drenagem dos rios Tietê, Pinheiros, da Onça, Jurubatuba, Diana e Canal de Bertioga, bem como dos reservatórios Billings, Rio das Pedras e Guarapiranga.

A partir da porção noroeste do município de São Paulo, bairro de Perus na altura da estaca 14+4.450m – no entroncamento do Rodoanel Mário Covas com a Rodovia dos Bandeirantes – até o município de Santa Bárbara d'Oeste, na Depressão Periférica Paulista, o traçado acompanha a Rodovia dos Bandeirantes – com pequenos deslocamentos laterais à sua faixa – até as proximidades do seu cruzamento com a Rodovia Luiz de Queiróz (estaca 26), onde assume direção SSE-NNW até Serrana.

Do ponto de vista da Geologia, esse trecho do futuro empreendimento interceptará o embasamento cristalino constituído por rochas metamórficas de baixo a alto grau e intrusivas associadas dos domínios São Roque e Socorro-Guaxupé, presentes desde a estaca 13+6.000m até a altura da estaca 21+1.500m, além de rochas sedimentares e ígneas de caráter básico a intermediário dos grupos Tubarão, Guatá, Passa Dois e São Bento, todos pertencentes à Bacia do Paraná e ocorrentes desde a região de Campinas, Monte Mor, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Cosmópolis, e Paulínia, onde também estão presentes as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, até Serrana, no extremo noroeste, bem como no trecho leste-oeste do traçado. A dutovia cortará, ainda, os sedimentos quaternários depositados nas várzeas dos afluentes das bacias dos rios Juqueri, Jundiaí, Jundiaí-Mirim, Capivari, do Peixe e Mogi-Guaçu, além do córrego São Simão, bem como daqueles da sub-bacia do ribeirão dos Cristais.

A seguir, são apresentadas as características litológicas e estruturais gerais da AII da dutovia, que podem ser observadas no mapa que constitui o **Anexo 17. IV-1.** Buscando simplificar as diversas termilogias observadas nos diferentes mapas compliados, a nomenclatura das unidades geológicas segue o padrão adotado pelo Mapa Geológico do Estado de São Paulo da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM, 2006), em escala 1:750.000.

10.1.1.2.2 Distribuição das Unidades Geológicas ao Longo da Faixa

Partindo da porção sudeste, desde o Município de Guarujá, passando por Santos e Cubatão, até São Bernardo do Campo, o traçado do empreendimento cruza a unidade litoestratigráfica Complexo Costeiro, intrudido por granitóides das Suítes Graníticas Pós-tectônicas – Fácies Itu – em Cubatão, Santos e São Vicente, todos pertencentes ao denominado Domínio Costeiro. Na sua porção litorânea, tais rochas encontram-se em grande parte recobertas por sedimentos cenozóicos das unidades litoestratigráficas Sedimentos Marinhos e Mistos, Sedimentos Continentais Indiferenciados e Formação Cananéia, integrantes da Planície Costeira.

Desde a altura da estaca 4+6.400mm até a estaca 13+6.000m, aproximadamente, é reconhecido o Domínio Embu, onde predominam os complexos Pilar e Embu, especialmente nos municípios de Embu, Embu-Guaçu, São Paulo e São Bernardo do Campo, representados por rochas metamórficas de médio e alto graus. Granitóides das Suítes Graníticas Sintectônicas - Fácies Cantareira - estão distribuídos em extensas áreas nas regiões de Osasco, Carapicuíba, Cotia, Embu, Taboão da Serra, São Paulo e Itapecerica da Serra.

As rochas sedimentares paleógenas da Bacia de São Paulo ocupam parcialmente as cidades de São Paulo, Osasco e Embu-Guaçu.

De modo geral, entre as estacas 13+6.000m e 16+8.300m da AII são reconhecidas rochas de baixo e médio graus metamórficos associadas aos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, respectivamente, além de rochas ígneas intrusivas, e que compõem o Domínio São Roque, reconhecido na região metropolitana de São Paulo e delimitado, a sul, pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT) e, a noroeste, pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira (ZCJ).

A norte da ZCJ, desde o limite entre as cidades de Cajamar/Franco da Rocha e Jundiaí até a altura das cidades de Indaiatuba e Campinas, são identificados quartzitos, xistos e gnaisses diversos, por vezes migmatizados do Complexo Piracaia, correspondendo a uma sequência supracrustal de mais alto grau metamórfico delimitada, na AII, pelas zonas de cisalhamento Socorro e Monte Sião, a norte-noroeste, e pelos sedimentos da Bacia do Paraná, a oeste, e em parte afetada por intrusões de rochas ígneas, sendo o conjunto denominado de Domínio Socorro-Guaxupé.

As rochas sedimentares paleozóicas do Grupo Tubarão - Subgrupo Itararé - estão presentes desde a estaca 21+1.900m até os arredores da estaca 28km, nas proximidades do município de Limeira, bem como na altura da estaca 30+6.200m, na porção leste da cidade de Araras. Ocorrem também no trecho leste-oeste da AII, desde Santa Bárbara d'Oeste até Paulínia, geralmente associadas a Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas.

Ao norte do rio Piracicaba, em região da AII localizada a norte do município de Santa Bárbara d'Oeste, iniciam-se ocorrências localizadas de Rochas Intrusivas Tabulares associadas principalmente com os siltitos e argilitos da Formação Corumbataí, especialmente no intervalo entre os municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Santa Cruz da Conceição, a partir de onde passam a ocorrer lavas basálticas toleíticas da Formação Serra Geral em associação com os arenitos da Formação Botucatu até Serrana.

Os arenitos da Formação Pirambóia ocupam vastas extensões do trecho leste-oeste do traçado, desde Botucatu até o limite sudeste do Município de Piracicaba, bem como do trecho noroeste-sudeste, entre e o limite Corumbataí/Santa Cruz da Conceição e a fronteira norte de Descalvado. As Formações Irati e Tatuí ocorrem nos arredores dos municípios de Limeira, Iracemápolis e Araras, no trecho noroeste-sudeste, e também nos municípios de Saltinho e Rio das Pedras, no trecho leste-oeste.

Sedimentos Aluviais ocupam as bacias de drenagem dos diversos corpos-d'água presentes em toda a AII.

Planície Costeira

A Planície Costeira, na região de Santos, apresenta cerca de 40 km de extensão por 15 km de largura máxima, sendo limitada, nas suas extremidades, pela Serra de Mongaguá, ao sul, e pela parte rochosa da ilha de Santo Amaro, ao norte. Nas porções central e nordeste, é drenada por uma rede de lagunas e canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro.

Na planície de Santos predominam os depósitos holocênicos formados durante a Transgressão Santos, e os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue e areias marinhas litorâneas, por vezes retrabalhadas pelo vento. Localmente, são observados depósitos marinhos arenosos pleistocênicos da Formação Cananéia e depósitos continentais representados por aluviões, corpos de tálus e coluviões. Tais sedimentos ocorrem até o sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão. Podem, ainda, estar depositados no entorno de morros e morrotes isolados, pertencentes às unidades pré-cambrianas.

A Formação Cananéia (**Q1cn**) ocorre na região de São Vicente e, principalmente, a oeste do Largo de São Vicente, em grande parte limitada ao sul pelo rio Piaçabuçu e ao norte pelo rio Branco. Inclui areias marinhas finas inconsolidadas, frequentemente limonitizadas, com presença de esparsos leitos argilosos. Segundo Suguio e Martin (1978), a gênese da Formação Cananéia está associada a uma fase transgressiva conhecida, no Estado de São Paulo, como Transgressão Cananeiense.

Os Sedimentos Continentais Indiferenciados (**Qdi**) compreendem sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado associados a encostas. Ocorrem na forma de corpos de tálus e coluviões próximos ao sopé da Serra do Mar, por toda a região. Os maiores corpos de tálus podem ser encontrados nas cotas mais baixas e se estendem até os vales dos rios, enquanto que corpos menores podem ocorrer em cotas mais altas, ocupando depressões locais do embasamento.

Os coluviões também ocorrem ao longo da faixa serrana, ocupando os espigões até a meia-encosta, e desaparecem junto aos talvegues. Recobrem as rochas pré-cambrianas na forma de corpos delgados com espessuras, em geral, inferiores a 1,5 m, e são constituídos pelos solos coluviais areno-síltico-argilosos a síltico-argilosos, que sustentam a vegetação das encostas.

Os Sedimentos Marinhos e Mistos (**Qli**) incluem sedimentos atuais e subatuais, com termos arenosos praiais, depósitos marinhos localmente retrabalhados por ação fluvial e/ou eólica, termos areno-síltico-argilosos de deposição flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue. Predominam amplamente sobre os demais tipos de sedimentos na Baixada Santista, aflorando desde a estaca 0+7.000m até, aproximadamente, a estaca 4+4.000m.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-1 a 10.1.1.2.2-3** ressaltando características das unidades geológicas presentes na Planície Costeira e atravessadas pela faixa da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-1: Região da Planície Costeira (Baixada Santista) no município do Guarujá (Ilha de Santo Amaro), onde ocorrem os sedimentos quaternários Marinhos e Mistos (Qli) nos terrenos planos e que contornam os morros sustentados por rochas do Complexo Costeiro.



FOTO 10.1.1.2.2-2: Planície Costeira (Baixada Santista), no cruzamento da Rodovia Piaçaguera-Guarujá com o rio Jurubatuba, altura da estaca 2+6.400m. Planície fluvial do rio com Sedimentos Aluviais (Q2a) em transição para os Sedimentos Marinhos e Mistos (Qli). Ao fundo, encosta da Serra do Quilombo sustentada por rochas do Complexo Costeiro. Porção continental do município de Santos.



FOTO 10.1.1.2.2-3: Vista das escarpas da Serra do Mar à esquerda com a ocorrência de corpos de tálus (Qdi) na porção inferior, indicado pela topografia menos inclinada. Altura da estaca 4+685m, na ponte da Rodovia Piaçaguera-Guarujá sobre o rio Perequê.

Domínio Costeiro

O Domínio Costeiro inclui os terrenos metamórficos de médio e alto graus com migmatização e granitização em graus variáveis (CHIODI FILHO, 1983; FERNANDES et al, 1987) aflorantes entre a Zona de Cisalhamento de Cubatão e o litoral, e que são representados por ortognaisses migmatíticos com intercalações subordinadas de rochas parametamórficas e granulíticas.

COMPLEXO COSTEIRO

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), o Complexo Costeiro (**NPcc**) ocupa o extremo sudeste da área, desde a estaca 0+6.400m até a estaca 6+4.000m, aproximadamente, intercalado com os depósitos holocênicos da Planície Costeira. É constituído por migmatitos metatexíticos estromatíticos e oftálmicos, diatexitos facoidais, oftálmicos e homofânicos de paleossomas variados, além de migmatitos policíclicos complexos de paleossoma xistoso e/ou gnáissico, ou ainda, magnetita-quartzitos e quartzitos calciossilicáticos.

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

SUÍTES GRANÍTICAS PÓS-TECTÔNICAS – FÁCIES ITU

O Complexo Costeiro é intrudido por rochas granitóides das Suítes Graníticas Pós-tectônicas - Fácies Itu - em Cubatão, Santos e São Vicente. Essas suítes ocorrem principalmente a sudeste da Zona de Cisalhamento de Cubatão, de orientação NE, localizada na altura da estaca 4. Compreendem corpos graníticos a granodioríticos de idade cambriana, alóctones, epizonais, circunscritos e discordantes, com auréolas termo-metamórficas e frequentes veios e diques aplíticos e microgranítico associados. Apresentam-se isotrópicos, com granulação fina a grossa, e textura sub-hipidiomórfica e hipidiomórfica granular.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-4** ressaltando características das unidades geológicas presentes no Domínio Costeiro na região da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-4: Vista das escarpas da Serra de Cubatão e da Planície Costeira. Escarpa da serra com rochas do Complexo Pilar (NPp) em contato com rochas migmatíticas do Complexo Costeiro (NPcc). Na Baixada, destacam-se os morros sustentados por rochas do Complexo Costeiro e Suítes Graníticas Pós-tectônicas, em meio aos Sedimentos Marinhos e Mistos (Qli) que predominam. Município de Cubatão.

Domínio Embu

Corresponde a uma extensa faixa de orientação NE-SW compreendida entre as rochas dos domínios Costeiro, a sul, e São Roque, a norte, com os quais faz limite por meio das zonas de cisalhamento de Cubatão e Taxaquara, respectivamente.

COMPLEXO EMBU

As rochas pertencentes ao Complexo Embu (**NPe**) formam, juntamente com o Complexo Pilar (**NPp**), o Grupo Açungui, de idade neoproterozóica (IPT, 1981), que ocupa o entorno dos reservatórios Guarapiranga e Billings, desde a estaca 5km até a altura da estaca 13+1.000m, configurando uma faixa limitada pela Zona de Cisalhamento de Cubatão (ZCC), a sudeste, e pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT), a noroeste. Os dois complexos estabelecem contato transicional, dado pela feldspatização progressiva dos ectinitos de fácies xisto verde do Complexo Pilar para as rochas gnáissico-migmatíticas de fácies anfibolito do Complexo Embu. O grupo é intrudido pelas rochas graníticas da Fácies Cantareira.

O Complexo Embu está representado, predominantemente, por migmatitos heterogêneos de estruturas variadas, onde predominam estromatitos de paleossoma xistoso, gnáissico ou anfibolítico, e migmatitos homogêneos variados com predomínio daqueles de natureza homofânica, oftálmica e facoidal. Subordinadamente, corpos irregulares de rochas metabásicas com dimensões variadas, configurando núcleos paleossomáticos, também são identificados.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-5** e **10.1.1.2.2-6** referentes a algumas rochas presentes no Complexo Embu na região da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-5: Região da estaca 5+2.400m. Cruzamento dos dutos da Petrobrás com a Rod. Anchieta e acesso à Rod. dos Imigrantes. Município de São Bernardo do Campo. Terrenos com gnaisses e migmatitos do Complexo Embu (NPe), em contato com migmatitos do Complexo Costeiro (NPcc).



FOTO 10.1.1.2.2-6: Terrenos típicos dos municípios de Itapecerica da Serra e Embu, onde ocorrem as rochas da unidade NPe (Complexo Embu), constituída por gnaisses, migmatitos heterogêneos de estruturas variadas e migmatitos homogêneos, intercalados com rochas granitóides das Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3) descritas adiante.

COMPLEXO PILAR

O Complexo Pilar (**NPp**) preenche calhas sinclinoriais na região da AII. É constituído, predominantemente, por quartzo-mica-xistos, biotita-quartzo-xistos, muscovita-quartzo-xistos, xistos grafitosos, clorita-xistos, sericita-biotita-xistos, talco-xistos, magnetita-xistos, calco-xistos com intercalações subordinadas de filitos, quartzitos, mármores, calciossilicáticas e metassiltitos.

Subordinadamente, ocorrem filitos, quartzo-filitos e metassiltitos com intercalações subordinadas de mica-xistos e quartzitos. Também podem ser reconhecidos quartzitos micáceos e feldspáticos, com intercalações de filitos, quartzo-filitos, xistos e metarcósios, além de calciossilicáticas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-7** referente às unidades geológicas presentes no Complexo Pilar na região da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-7: Região entre o município de Itapecerica da Serra e a região sul de São Paulo, nos arredores da Represa de Guarapiranga. Terrenos conformados sobre mica-xistos diversos com intercalações de filitos, quartzitos, mármores, calciossilicáticas e metassiltitos do Complexo Pilar (NPp), em parte recobertos pelos sedimentos paleógenos da Formação São Paulo (Er/Esp).

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

SUÍTES GRANÍTICAS SINTECTÔNICAS – FACIES CANTAREIRA

As rochas das Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (**NP3**) distribuem-se desde as imediações da estaca 7+4.400m até a estaca 9+1.000m, da 9+9.500 até a 10+9.600m, da 11+5.300m até a 12+9.000m e da 13+3.1000 até a 13+6.000m.

Estão representadas por corpos de composição granodiorítica a granítica, para-autóctones e alóctones, de rochas foliadas de granulação fina a média, com textura porfirítica frequente e de contatos parcialmente concordantes. Podem compreender rochas granitóides intensamente tectonizadas de idade neoproterozóica, associadas à Zona de Cisalhamento de Taxaquara.

SUÍTES GRANÍTICAS INDIFERENCIADAS

Parte de um corpo da unidade Suítes Graníticas Indiferenciadas (**NP3i**) localizado em Rio Grande da Serra, é identificado na AII. A unidade compreende granitos e granitóides polidiapíricos com predominância de termos porfiríticos com granulações variadas.

Bacia de São Paulo

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), a Formação São Paulo (**Er/Esp**) é constituída por sedimentos fluviais compreendendo argilitos, siltitos, arenitos argilosos finos e, subordinadamente, arenitos grossos, cascalhos, conglomerados e restritos leitos de argila orgânica. Na AII, essa unidade aflora na forma de manchas descontínuas e disseminadas por toda a largura da área, principalmente a leste do eixo do traçado, desde as imediações da estaca 7 até o entorno da estaca 13.

Domínio São Roque

Constitui uma ampla faixa de rochas metavulcano-sedimentares e rochas granitóides intrusivas que se estende por quase 180 km desde a região de Salto de Pirapora – Itu, a oeste, até Monteiro Lobato, a leste, balizada pelas zonas de cisalhamento de Itu-Jundiuvira, a norte, e de Taxaquara, ao sul, além de outras de menor expressão regional. É a área clássica de ocorrência dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba.

Em relação à faixa da AII, o Domínio São Roque é identificado desde a estaca 13+6.000m até a 16+8.300m, e faz contato ao norte com o Domínio Socorro-Guaxupé através da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, aproximadamente coincidente com as fronteiras municipais de Cajamar/Franco da Rocha com Jundiaí.

Juliani et al. (1986) e Juliani e Beljavskis (1995) subdividiram as rochas deste grupo, na região da Serra do Itaberaba, em duas unidades: uma basal portadora de sequências vulcanossedimentares e formadas em bacia do tipo *rift*, a qual denominaram de Grupo Serra do Itaberaba, e outra superior, essencialmente sedimentar clástica, depositada em águas rasas, que denominaram de Grupo São Roque.

Em linhas gerais, o Grupo Serra do Itaberaba distingue-se do Grupo São Roque pela grande variedade de metamorfitos, destacando-se volumetricamente aqueles originados por atividades vulcânicas e vulcanoclásticas. Lentes de rochas gnáissicas associadas a supracrustais representam antigos corpos graníticos deformados e outras, constituídas por granulitos e tonalitos miloníticos, podem ser restos do embasamento siálico da sequência.

Para a Geologia da AII é adotada a divisão litoestratigráfica reportada nas cartas geológicas São Paulo e Campinas (CPRM, 1999) e que, em parte, incorpora as definições de Juliani et al. (1986) e Juliani e Beljavskis (1995).

GRUPO SERRA DO ITABERABA

O Grupo Serra do Itaberaba (**MPsi**) apresenta grande variabilidade litológica com rochas comumente metamorfisadas no grau médio. Juliani e Beljavskis (1995) dividiram o Grupo Serra do Itaberaba nas formações Morro da Pedra Preta, vulcanossedimentar e basal, Nhanguçu, superior e composta essencialmente por metapelitos com andaluzita, metassedimentos manganesíferos, rochas carbonáticas e calciossilicáticas, e Pirucaia, predominantemente quartzítica, que deve corresponder às litofácies depositadas nas margens da bacia sedimentar, podendo ser cronocorrelatada a ambas as formações já citadas, mais especialmente à Formação Nhanguçu. As formações foram englobadas como Grupo Serra do Itaberaba na AII da dutovia**.**

GRUPO SÃO ROQUE

Ocorre em uma unidade geotectônica bem definida geograficamente denominada bloco São Roque (HASUI ET AL., 1969). Sua principal área de exposição estende-se desde a borda da Bacia do Paraná, na faixa compreendida entre Itu e Salto do Pirapora, até a região de Igaratá, passando por Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Mairiporã, onde começam a dominar as litologias da unidade basal, Serra do Itaberaba.

Juliani e Beljavskis (1995) dividem o Grupo São Roque (**NPsr**) nas formações Piragibu (metapelítica, com lentes de conglomerado e de vulcânicas na base), Pirapora do Bom Jesus (essencialmente vulcânica/vulcanoclástica com biohermas e cálcio-filitos), Estrada dos Romeiros (composta por metapelitos e metarenitos rítmicos) e Boturuna (predominantemente metarenítica/arcoseana), esta constituindo o topo do Grupo São Roque segundo proposição de Bergmann (1988, 1991). Na AII da dutovia, o Grupo São Roque é apresentado indiviso.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-8** a **10.1.1.2.2-10** referentes ao Domínio São Roque – Grupo Serra do Itaberaba, Grupo São Roque – observado ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-8: Ao fundo, região do Pico do Jaraguá e do Morro Doce, sustentado por quartzitos feldspáticos com metarcósios e metagrauvacas subordinadas, e metaconglomerados, respectivamente. Em primeiro plano – em topografia rebaixada – ocorrem filitos, quartzo-filitos e filitos grafitosos em sucessão rítmica, com metassiltitos, quartzo-mica-xistos e quartzitos subordinados. Litotipos do Grupo São Roque (NPsr). Porção norte do município de São Paulo. Altura da estaca 13+4.000m à estaca 13+7.500m.



FOTO 10.1.1.2.2-9: Região da estaca 15+4.700m, onde predominam xistos com rochas metabásicas subordinadas do Grupo Serra do Itaberaba (MPsi). À direita, topografia ressaltada por rochas intrusivas das Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3). Município de Cajamar.



FOTO 10.1.1.2.2-10: Região da estaca 16+9.000m, com visada para noroeste, onde ocorrem metapelitos do Grupo São Roque (NPsr) nos arredores da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira (ZCJ). Ao fundo, topografia ressaltada da Serra do Japi, sustentada por quartzitos. Divisa dos municípios de Cajamar/Franco da Rocha e Jundiaí.

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Ocorrem inúmeros corpos e maciços granitóides intrudidos nas rochas supracrustais do Domínio São Roque. São predominantemente de idade neoproterozóica distribuídos em suítes pré-tectônicas, sin- a tardi-tectônicas e pós-tectônicas.

Na suíte sin-tectônica a tardi-tectônica destacam-se leucogranitos com muscovita, biotita e granada, foliados (Granito Tico-Tico), com cerca de 625 Ma, e biotita granitos/granodioritos, foliados com idades em torno de 620 a 630 Ma, a exemplo do Granito Cantareira e do Granito Itaqui. Pertencem, ainda, à referida suíte os granitos Mairiporã e Taipas.

Associados à suíte pós-tectônica, na faixa da AII, ocorrem corpos restritos que correspondem a granitóides indiferenciados e granitos isótropos equigranulares, róseos, com turmalina, tendo como exemplo os granitos da região de Perus.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-11** referente às Rochas Ígneas Intrusivas do Domínio São Roque ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-11: Região da Serra da Cantareira, extremo norte do município de São Paulo. Altura da estaca 14+5.000m. Visada para leste a partir do Rodoanel. Ao fundo, terrenos do Maciço Granitóide Cantareira pertencente às Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3), no Domínio São Roque, conformando morros altos. Arredores do distrito de Perus, município de São Paulo.

Domínio Socorro-Guaxupé

Este domínio corresponde aos terrenos definidos por Campos Neto (1985) como Nappe Socorro-Guaxupé, interpretada pelo autor como uma estrutura alóctone sobreposta à Faixa Alto Rio Grande de Hasui e Oliveira (1984).

É constituído dominantemente por terrenos infracrustais. O metamorfismo é de baixa pressão (cordierita nas metapelíticas) e o grau metamórfico decresce, sendo granulito a norte e anfibolito a sul.

No âmbito das folhas São Paulo e Campinas (CPRM, 1999), que incluem a faixa da AII, o Domínio Socorro-Guaxupé se encontra representado pelo Complexo Piracaia e por granitóides neoproterozóicos associados.

COMPLEXO PIRACAIA

O Complexo Piracaia (**NPpi**) foi definido por Campos Neto et al. (1983) na folha homônima (1:50.000) para abrigar uma sequência de supracrustais (xistos e gnaisses bandados), além de ortognaisses, ocorrentes a norte-nordeste da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira.

No trabalho da CPRM (1999) para as folhas São Paulo e Campinas (escala 1:250.000), o conceito do Complexo Piracaia foi estendido para oeste, abrigando todo o conjunto de gnaisses peraluminosos (com granada e sillimanita) da região de Jundiaí-Atibaia, as rochas quartzíticas da Serra do Japi e migmatitos diversos das regiões de Cabreúva e Indaiatuba.

Na Folha São Paulo e na sua continuidade na Folha Campinas, o Complexo Piracaia ficou balizado a sul pela Zona de Cisalhamento Itu-Jundiuvira e recoberto mais ao norte e a oeste pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Nessa área, sua litologia predominante está representada por gnaisses peraluminosos migmatizados, (muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos), com intercalações de granada-biotita gnaisses, gonditos, rochas calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos e xistos variados (sillimanita-biotita xistos e xistos básicos), além de corpos restritos de metatonalitos, metaquartzo dioritos e anfibolitos. O conjunto é intrudido por granitóides diversos.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-12** e **10.1.1.2.2-13** referentes ao Complexo Piracaia ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-12: Visada para sul-sudeste, a partir da Rod. Dom Gabriel Paulino, de ligação entre Jundiaí e Itu/Itupeva. Altura da estaca 18+3.900m. Ao fundo, vista da Serra do Japi sustentada por quartzitos do Complexo Piracaia (NPpi). Em primeiro plano, terrenos com gnaisses. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.1.2.2-13: Região da estaca 20+2.500m, com visada para leste-nordeste, em terrenos de morros baixos onde predominam os gnaisses migmatizados com gnaisses xistosos subordinados do Complexo Piracaia (NPpi). Região das divisas dos municípios de Itupeva, Vinhedo e Campinas.

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Durante o magmatismo brasiliano, diversos corpos granitóides instalaram-se no Domínio Socorro-Guaxupé, destacando-se os complexos granitóides Socorro, Morungaba, Itu, Atibaia e outros.

Na faixa da AII, encontra-se localizada a extremidade nordeste do Complexo Granitóide Itu que, no geral, é constituído por quatro intrusões (PASCHOLATI, 1987), nas quais são reconhecidas cerca de duas dezenas de facies petrográficas (HACKSPACHER ET AL., 1988; GALEMBECK, 1991).

A intrusão Itupeva (GALEMBECK, 1991), situada na porção norte do Complexo Granitóide Itu, ocorre em parte delimitada no interior da AII, na região de Itupeva, sendo representada por granitos diversos predominando os equigranulares róseos e cinza, seguidos de granitos inequigranulares róseos e os de textura porfirítica e porfiróides, além de melagranitos.

Ainda como corpos graníticos de expressão reconhecidos na AII, ocorrem os granitos equigranulares róseos a sudoeste da cidade de Jundiaí, recobertos ao norte pelos quartzitos da Serra do Japi e orientados/milonitizados ao sul pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Encontram-se agrupados na Intrusão Terra Nova.

Subordinadamente, na AII, ocorrem granitos foliados acinzentados, outros róseos, e ainda, hornblenda/biotita ortognaisses.

As diversas intrusões ocorrentes no Domínio Socorro-Guaxupé na faixa da AII são representadas no mapa geológico como Rochas Ígneas Intrusivas (**NP3**).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-14** e **10.1.1.2.2-15** referentes às Rochas Ígneas Intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé ao longo da faixa da AII da dutovia.

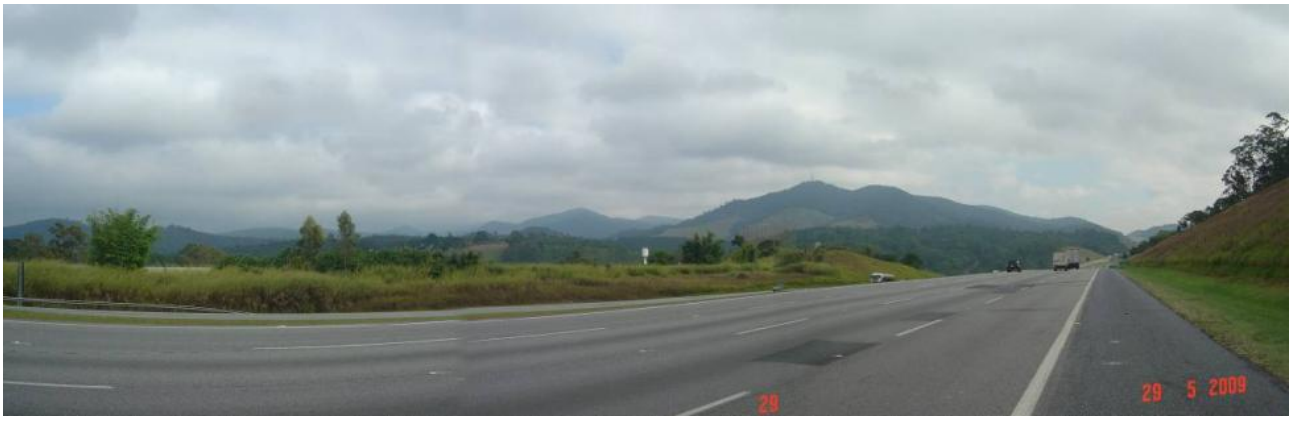


FOTO 10.1.1.2.2-14: Região da estaca 17+4.000m, com visada para oeste-noroeste. Primeiro plano e à esquerda, terrenos baixos com ocorrência de rochas ígneas do Maciço Granitóide Terra Nova presentes no Domínio Socorro-Guaxupé, em contato com a base da Serra do Japi. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.1.2.2-15: Arredores da cidade de Itupeva. Altura da estaca 19+5.000m. Visada para norte-noroeste. Morros médios e altos sustentados por rochas ígneas do Maciço Granitóide Itupeva do Complexo Intrusivo Itu (Domínio Socorro-Guaxupé). Município de Itupeva.

Zonas de Cisalhamento

Do ponto de vista tectônico, os domínios São Roque e Embu estão inseridos na denominada Faixa Ribeira, considerada por Almeida et al. (1973) uma entidade geotectônica de idade brasiliana. A faixa apresenta forte estruturação para nordeste caracterizada por um arranjo anastomosado de zonas de cisalhamento direcionais dextrais transpressivas, denominada por Machado e Endo (1993) de Cinturão de Cisalhamento Atlântico. A esse cinturão pertencem as zonas de cisalhamento Vila Menk, Taxaquara, Caucaia do Alto e Cubatão.

A Zona de Cisalhamento Vila Menk compreende um conjunto de falhas transcorrentes que afeta as rochas do Granito Itaqui e, preferencialmente, suas encaixantes (FERREIRA, 1991). Apresenta desde protomilonitos de rochas granitóides até filonitos do Grupo Serra do Itaberaba.

A Zona de Cisalhamento Taxaquara secciona os granitos Itaqui e Ibiúna e litotipos do Grupo Serra do Itaberaba e do Complexo Embu, e é parcialmente recoberta pelos aluviões da várzea do rio Tietê. Compreende desde protomilonitos até milonitos e ultramilonitos de rochas granitóides, supracrustais e sedimentares.

A Zona de Cisalhamento de Cubatão está associada a uma faixa de metassedimentos de baixo grau, que separam as rochas de alto e médio grau de metamorfismo dos complexos Embu e Costeiro.

A Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, instalada ao sul de Jundiaí, delimita o contato dos domínios São Roque e Socorro-Guaxupé.

Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma grande área sedimentar com vulcanismo fissural associado que foi ativa entre o Siluriano e o Neocretáceo. Estabeleceu-se no final do Ordoviciano, provavelmente ainda sob influência do resfriamento do Ciclo Brasiliano. Teve seu apogeu como sinéclise no Carbonífero/Permiano, enquanto no Mesozóico sofreu acentuada subsidência sob o peso dos basaltos que sobre ela se alojaram (ALMEIDA ET AL., 1993).

Apresenta-se como uma homoclinal de cerca de um grau de inclinação, com caimento para oeste. O empilhamento se dá de leste para oeste, exceto na região de Rio Claro, onde o basculamento de blocos limitados por diversas falhas normais ascendeu a base local, favorecendo a exposição do Subgrupo Itararé.

Conforme os trabalhos da CPRM para a folha Campinas (MORAIS ET AL., 1999), os sedimentos da bacia representam uma fase inicial transgressiva, cuja base é representada por sedimentos fluviais, flúvio-glaciais, deltaicos, lacustres e marinhos com influência glacial (Formação Aquidauana e Subgrupo Itararé). Com a elevação do nível do mar houve o afogamento dos sistemas deltaicos, representado pelos depósitos da Formação Tatuí. O auge da transgressão marinha está representado por um pacote contínuo e de pequena espessura, que contém folhelhos e calcários (Formação Irati).

As formações Serra Alta e Teresina denotam o início da fase regressiva, em condições de mar raso e intermediárias entre mar raso e lagunar, respectivamente, que culminou com sedimentação em ambientes de planícies de maré e deltas (Formação Corumbataí).

Por fim, passou a predominar a sedimentação em ambiente continental, representada por depósitos fluviais, lagunares e eólicos (Formação Pirambóia), e desérticos (formações Botucatu e Serra Geral).

No âmbito da AII, de acordo com as folhas São Paulo e Campinas (CPRM, 1999), Bauru (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto (DAEE-UNESP, 1982), foram reconhecidos litotipos pertencentes aos grupos Tubarão (Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana), Guatá, Passa Dois e São Bento, com suas respectivas formações Tatuí, Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí, Pirambóia, Rochas Intrusivas Tabulares, Serra Geral e Botucatu.

GRUPO TUBARÃO

O Grupo Tubarão (**C2P1**) compreende os depósitos associados à fase inicial transgressiva da bacia, sendo representado por sedimentos fluviais, flúvio-glaciais, deltaicos, lacustres e marinhos com influência glacial. Na faixa da AII podem ser reconhecidos sedimentos representantes do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana, ambas as unidades estratigráficas são partes do Grupo Tubarão.

O Subgrupo Itararé ocorre, na AII, desde a região sudoeste de Campinas até Santa Bárbara d'Oeste, se estendendo para leste a partir da última até Paulínia. Repousa sobre o embasamento cristalino, onde ocorrem superfícies de erosão causadas pela movimentação de geleiras e que apresentam feições típicas, como pavimento estriado e *roche moutonnée* (GUTMANS, 1946; ALMEIDA, 1948; AMARAL, 1965), além de vales glaciais descritos nas regiões de Jundiaí (MARTIN ET AL., 1959), reconhecidos ainda nos limites da AII, nas proximidades da margem esquerda do rio Jundiaí-Mirim, e de Campinas por Melfi e Bittencourt (1962).

Os tipos litológicos predominantes são arenitos, diamictitos, conglomerados, siltitos, argilitos e folhelhos. Ritmitos, calcários em parte silicificados, e delgadas camadas de carvão, raras e pouco expressivas em São Paulo, constituem ocorrências mais restritas. Os arenitos passam a siltitos, diamictitos ou lamitos, lateral ou verticalmente, e são atribuídos aos mais diversos ambientes de sedimentação. Diamictitos são frequentes, de várias origens, relacionados à ambiente glacial, apresentando feições do tipo deslizamentos e ressedimentação, escoamento laminar, ablação por liquefação do gelo, etc.

Conglomerados com seixos e blocos de várias formas, dimensões e composições não são raros na região. Lamitos associados a siltitos finos e resultantes da decantação de lama em bacias de águas paradas são relativamente comuns no grupo. Ritmitos apresentam-se como finas camadas de lamitos cinza-escuros, alternados com siltitos claros; são glácio-marinhos ou glácio-lacustres, estes podendo constituir verdadeiros varvitos. Não é raro apresentarem seixos pingados, bem como icnofósseis (FERNANDES ET AL., 1987).

Há no Subgrupo Itararé em São Paulo, como de resto em toda a Bacia do Paraná, abundância de restos e impressões de plantas, peixes, moluscos, crustáceos, braquiópodes, etc.

A Formação Aquidauana ocorre interdigitada com o Subgrupo Itararé, na região da AII que compreende a porção oeste do município de Araras e também na porção oeste da cidade de Limeira, além da porção do trecho leste-oeste da dutovia abrangida pelos municípios de Americana e Cosmópolis.

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo do IPT (1981), as relações entre a Formação Aquidauana e o Subgrupo Itararé são ainda pouco claras. A interdigitação entre ambas as unidades vem sendo consistentemente observada em afloramentos e sondagens, o que levou Soares e Landim (1973) a considerar a Formação Aquidauana como uma fácies de borda da Formação Itararé, o que é aceito até hoje. As duas unidades seriam temporalmente equivalentes e indicariam a invasão de um mar epicontinental pelo sul que cobriu, na época de sua sedimentação, a porção meridional da bacia (ZALÁN ET AL., 1990).

Arenitos grossos a muito finos, com estratificação cruzada, além de diamictitos que passam a lamitos arenosos e siltitos argilosos, constituem as principais litologias da Formação Aquidauana.

Buscando apresentar de forma mais clara o contexto regional da Geologia da AII para a faixa da dutovia, o Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana foram unificados e ocorrem representados no mapa geológico da AII (**Anexo 17.IV-1**), como Grupo Tubarão.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-16** a **10.1.1.2.2-18** referentes ao Grupo Tubarão ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-16: Região das estacas 22+1.000m, com vista geral dos terrenos de morros com topos amplos tabulares associadas às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (C2P1) da Bacia do Paraná. Na região dos municípios de Campinas e Monte Mor predominam litotipos do Subgrupo Itararé.



FOTO 10.1.1.2.2-17: Região das estacas 26km a 27+5.000m, entre os municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Limeira. Terrenos de morros baixos e colinas conformadas sobre rochas sedimentares do Grupo Tubarão (C2P1) da Bacia do Paraná, onde predominam litotipos do Subgrupo Itararé.



FOTO 10.1.1.2.2-18: Região dos municípios de Paulínia, Cosmópolis e Santa Bárbara d'Oeste constituída por morros de topos amplos tabulares conformados sobre rochas sedimentares do Grupo Tubarão (C2P1) da Bacia do Paraná. Região da estaca 59+8.500m, nos arredores da PCH Salto do Lobo. Neste trecho da faixa da AII ocorrem litotipos do Subgrupo Itararé.

GRUPO GUATÁ

O Grupo Guatá (**P1**) ocorre na faixa da AII da dutovia representado unicamente pelos depósitos da Formação Tatuí, associados à elevação do nível do mar e ao consequente afogamento dos seus sistemas deltaicos. Pode ser reconhecido nos municípios de Araras e Limeira e, também, em áreas dos municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

A Formação Tatuí é constituída predominantemente por siltitos arenosos, em parte calcíferos, de coloração marrom-arroxeada na porção inferior, que passa a esverdeada, acinzentada ou amarelada no sentido do topo. Ocorrem intercalações de carvão na porção superior.

Ocorrem discordâncias erosivas no contato basal com o Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana, enquanto que o seu contato superior com o Membro Taquaral da Formação Irati se dá através de superfície erosiva.

A Formação Tatuí não apresenta conteúdo fossilífero significativo, podendo-se resumir em moldes de conchas, fragmentos de dentes e ossos, espículas de esponjas e restos de plantas sem valor cronológico, além de foraminíferos, que apontam para condições marinhas, ocasionalmente salobras, para o ambiente de sedimentação (ALMEIDA ET AL, 1993).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-19** referente ao Grupo Guatá ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-19: Região das estacas 53+3.200m e 56km do traçado leste-oeste da futura dutovia, entre os municípios de Saltinho e Rio das Pedras. Terrenos onde ocorrem as rochas sedimentares do Grupo Guatá (P1) da Bacia do Paraná, individualizado na Formação Tatuí, e que sustentam morros baixos de topos amplos tabulares. O Grupo Guatá também está presente no traçado norte-sul da dutovia, nas regiões de Limeira e Araras, na altura das estacas 28km e 31km a 32km, respectivamente.

GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois (**P23**) marca o início do assoreamento final da Bacia do Paraná, que transformou os mares interiores em planícies cada vez mais continentais e que culminaram com a deposição eminentemente terrestre do final do Paleozóico e do Mesozóico. Na faixa da AII podem ser reconhecidos sedimentos das formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí, unidades lito-estratigráficas pertencentes ao Grupo Passa Dois.

Buscando introduzir o leitor no contexto geológico regional da faixa da AII da dutovia, as formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí foram unificadas no Grupo Passa Dois que, desta forma, é apresentado no mapa geológico da AII (**Anexo 17. IV-1**). A seguir é proposta uma breve descrição dessas formações e suas ocorrências principais, na faixa da AII da dutovia.

A Formação Irati ocorre nas proximidades dos municípios de Araras e Limeira, por vezes delimitada por falhas e circundada por rochas intrusivas tabulares (CPRM, 1999), bem como nos municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

Representa a unidade litoestratigráfica basal do Grupo Passa Dois. Aflora em faixas contínuas, interrompidas unicamente em zonas de falhamentos e intrusões de grandes *sills* de diabásio.

A Formação Irati compreende siltitos e folhelhos cinzentos com nível conglomerático basal, na seção inferior, e folhelhos betuminosos cinza-escuros a pretos e calcários fossilíferos cinza-claros na seção superior.

Os fósseis que caracterizam a formação são os répteis *Mesosaurus brasiliensis* MacGregor e *Sterosternum tumidum* Cope e crustáceos (*Paulocaris e Clarkecaris*). Além desses, restos de peixes (RAGONHA, 1978), insetos, espículas de esponjas, madeiras fósseis e outros restos vegetais, também fazem parte do conteúdo fossilífero desta formação.

A Formação Serra Alta ocorre em uma pequena área no município de Saltinho. É representada por pacotes de folhelho, com argilitos e siltitos contendo concreções carbonáticas, sendo que a laminação horizontal é a estrutura característica das litologias desta formação. Pode apresentar semelhanças marcantes com a Formação Corumbataí, o que pode gerar confusão para sua identificação (VIEIRA, 1973). A Formação Serra Alta ocorre em concordância com a Formação Irati e possui contato gradacional com a Formação Teresina.

Restos de pelecípodes e peixes, pouco estudados até o momento, são os fósseis que ocorrem na Formação Serra Alta. Representa provável ambiente deposicional marinho, de águas pouco profundas, porém com acumulação abaixo do nível de ação das ondas. Com o passar do tempo, esses ambientes deposicionais constituíram-se em ambientes de águas mais rasas e movimentadas, evidenciado pela passagem gradual à Formação Teresina.

A Formação Teresina ocorre na porção sudoeste de Piracicaba, onde ocupa o fundo dos vales das drenagens. Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:750.000 (CPRM, 2006), uma grande extensão nas imediações do perímetro urbano de Anhembi, na margem esquerda do Reservatório de Barra Bonita, previamente atribuída à Formação Corumbataí (DAEE-UNESP, 1984), também pertence à Formação Teresina.

Consiste predominantemente de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados. Na base da presente formação é possível notar a passagem gradual, ocasionalmente interdigitada, para a Formação Serra Alta.

A Formação Teresina possui fósseis em abundância, constituídos por malacofauna (predominantemente indígena), restos de peixes, conchostráceos, ostracódios, plantas e palinomorfos.

A Formação Corumbataí abrange áreas dos municípios de Limeira, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Araras e Rio Claro, no trecho noroeste-sudeste do traçado, e também no trecho leste-oeste da dutovia, em Saltinho e Rio das Pedras, onde ocupa a porção norte da AII.

É composta principalmente por siltitos e argilitos, com níveis ocasionais de arenito médio. As estruturas mais comuns são laminações plano-paralelas inclinadas, estruturas lenticulares e convolutas.

Estas litologias podem apresentar-se ricas em conchas de pelecípodes, oólitos, estromatólitos e não raramente encontram-se silicificadas. As estruturas presentes incluem estratificação plano-paralela, cruzada de baixo ângulo, *flaser*, estratificação rítmica, marcas onduladas, fraturas de ressecamento, e brechas intraformacionais.

A Formação Corumbataí possui contato discordante erosivo com a Formação Pirambóia, e contato basal concordante com a Formação Irati, sendo que nas zonas onde a presente formação está em contato com o Subgrupo Tubarão, ocorre um contato discordante erosivo que separa as zonas conglomeráticas, ricas em sílex e com espessura ao redor de 1,30 m (LANDIM, 1970).

O conteúdo fossilífero desta formação é relevante, sendo que predominam pelecípodes, ostracódios, conchostráceos, peixes e restos vegetais, incluindo fragmentos de troncos de *Cordaitales*, de tamanho considerável.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-20** a **10.1.1.2.2-23** referentes ao Grupo Passa Dois ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-20: Região das estacas 53km e 55km do traçado leste-oeste da futura dutovia, entre os municípios de Saltinho e Rio das Pedras. Terrenos onde ocorrem as rochas sedimentares do Grupo Passa Dois (P23) da Bacia do Paraná, com predomínio das formações Irati e Corumbataí sustentando morros de topos amplos convexos em transição para morros baixos amplos tabulares.



FOTO 10.1.1.2.2-21: Região das estacas 28+5.000m e 32km do traçado norte-sul da dutovia, entre os municípios de Iracemápolis, Cordeirópolis/Santa Gertrudes e Araras. Terrenos onde ocorrem as rochas sedimentares do Grupo Passa Dois (P23) da Bacia do Paraná, com amplo predomínio da Formação Corumbataí conformada em morros amplos tabulares, além de corpos lenticulares da Formação Irati.



FOTO 10.1.1.2.2-22: Região das estacas 51km e 53+2.400m do traçado leste-oeste da futura dutovia, entre os municípios de Piracicaba e Saltinho. Terrenos onde ocorrem as rochas sedimentares do Grupo Passa Dois (P23) da Bacia do Paraná, na forma de manchas individualizadas da Formação Teresina, que ocorrem nos vales e avançam pela meia encosta de morros amplos de topos convexos.



FOTO 10.1.1.2.2-23: Região das estacas 47+7.200m e 49+6.400m do traçado leste-oeste da futura dutovia, no Município de Anhembi. Terrenos onde afloram rochas sedimentares do Grupo Passa Dois (P23) da Bacia do Paraná, pertencentes à Formação Teresina (antes atribuídas à Formação Corumbataí), e que sustentam colinas de topos amplos tabulares em transição para morros baixos de topos convexos.

GRUPO SÃO BENTO

Após a sedimentação do Grupo Passa Dois em condições de mar raso e intermediárias entre mar raso e lagunar, e a deposição da Formação Corumbataí em ambientes de planícies de maré e deltas, passou a predominar a sedimentação em ambiente continental, representada pelo Grupo São Bento (**TrJK12**).

São reconhecidos no Grupo São Bento os depósitos fluviais, lagunares e eólicos (Formação Pirambóia), e desérticos (Formações Botucatu). Também associam-se ao Grupo São Bento as intensas atividades vulcânicas de magmatismo fissural (Formação Serra Geral) e diversos corpos intrusivos de natureza básica a intermediária (Unidade Intrusivas Tabulares) relacionados ao evento de abertura do Atlântico Sul.

No mapa geológico da AII (**Anexo 17. IV-1**) o Grupo São Bento é representado no contexto geológico regional da faixa da AII da dutovia subdividido em duas unidades principais. Uma unidade engloba as formações Pirambóia e Botucatu, onde predominam depósitos predominantemente arenosos de ambiente continental, enquanto que as atividades associadas ao vulcanismo/magmatismo, onde predominam derrames basálticos e intrusões de diabásios compreendem outra unidade.

A seguir é proposta uma breve descrição das formações Pirambóia e Botucatu (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – **P3T/J3K**), e da Formação Serra Geral e das Rochas Intrusivas Tabulares (Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos **– K1δ/βsg**), para a faixa da AII da dutovia.

UNIDADE DOS DEPÓSITOS ARENOSOS CONTINENTAIS (P3T/J3K)

A Formação Pirambóia está presente desde o terminal Botucatu até a fronteira entre Piracicaba e Saltinho, bem como desde Corumbataí até o rio Mogi-Guaçu, na porção norte de Descalvado, aflorando de forma menos expressiva ao longo da várzea do ribeirão da Figueira, municípios de São Simão e Cravinhos.

Representa a retomada das condições de sedimentação em ambiente continental, sendo constituída por arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas de médio e grande porte, típicos de ambientes fluviais, lagunares e eólicos. A Formação Pirambóia apresenta discordância angular muito sutil em sua base, no contato com camadas paleozóicas ou pré-cambrianas, sendo que a superfície de erosão basal apresenta boa regularidade.

Os fósseis presentes são conchostráceos, ostracódios (ALMEIDA, 1950; MENDES, 1954; SOUZA ET AL. 1971), escamas de peixes e raros restos vegetais.

A Formação Botucatu ocorre principalmente a norte do rio Mogi-Guaçu e a oeste do ribeirão do Pântano, abrangendo áreas dos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Cravinhos.

A Formação Botucatu tem seu contato basal com a Formação Pirambóia através de uma discordância regional, caracterizada pela mudança brusca de coloração e características dos arenitos, sobretudo com relação à dimensão dos estratos cruzados. O contato superior, com a Formação Serra Geral, é concordante e marcado pelo primeiro derrame vulcânico, com ocorrência de camadas do topo da Formação Botucatu interdigitadas nos basaltos da Formação Serra Geral (ZALÁN ET AL., 1987; ASSINE ET AL., 1994).

A Formação Botucatu é composta predominantemente por arenitos finos a médios, avermelhados, com estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte.

Seu conteúdo fossilífero não apresenta considerada relevância, ocorrem apenas crustáceos, pistas de vermes e pegadas de vertebrados. A idade mais provável para a Formação Botucatu está entre o Jurássico Médio-Superior e o Cretáceo Inferior pré-Aptiano.

UNIDADE DOS DERRAMES BASÁSTICOS E DOS DIABÁSIOS INTRUSIVOS (K1δ/BSG)

As Rochas Intrusivas Tabulares, de idade Mesozóica, ocorrem na AII da dutovia como corpos circunformes ou tabulares (diques e *sills*) de natureza básica a intermediária intrudidos principalmente na Formação Irati e no Subgrupo Itararé. Estão relacionados ao evento de abertura do Atlântico Sul. Suas espessuras variam entre 2 e 200 metros, e podem atingir até 1.000 metros.

Na AII da futura dutovia, as rochas intrusivas tabulares ocorrem disseminadas e de forma descontínua no intervalo entre os terminais Santa Bárbara e Serrana, na mesma área de ocorrência do Subgrupo Itararé e da Formação Corumbataí, principalmente, e abrangendo parte dos municípios de Limeira, Santa Gertrudes, Cordeirópolis e Araras. Também estão presentes na região sudoeste de Campinas.

A Formação Serra Geral é resultado de intenso magmatismo fissural, representado na forma de uma espessa cobertura de lavas, com cerca de 1.500 metros de espessura no depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras intrudidos na pilha sedimentar.

Os derrames ocorrem assentados sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu, ou ainda intercalados com os mesmos, e apresentam inclinações de até 5^{o} no sentido do centro da bacia.

No âmbito da AII, os basaltos da Formação Serra Geral são identificados nos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.2.2-24** a **10.1.1.2.2-28** referentes ao Grupo São Bento ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-24: Região entre o terminal de Botucatu e a estaca 53km. Traçado leste-oeste da dutovia, envolvendo os municípios de Botucatu, Anhembi, Piracicaba e Saltinho. Terrenos onde afloram rochas sedimentares do Grupo São Bento da Bacia do Paraná, pertencentes à Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (P3T/J3K) associados à Formação Pirambóia ocorrentes na Depressão do Médio Tietê.



FOTO 10.1.1.2.2-25: Região entre as estacas 33km e 40km do traçado norte-sul da dutovia. Terrenos com rochas do Grupo São Bento (Bacia do Paraná), pertencentes à Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (P3T/J3K) e associados, em primeiro plano, à Formação Pirambóia. Sustentam relevos da Depressão Mogi-Guaçu, do Planalto Residual de São Carlos e se estendem até o Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. Municípios de Corumbataí, Santa Cruz da Conceição, Pirassununga, Descalvado e Santa Rita do Passa Quatro.



FOTO 10.1.1.2.2-26: Região entre a estaca 40km e o terminal Serrana. Traçado norte-sul da dutovia. Terrenos com rochas sedimentares do Grupo São Bento, pertencentes à Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (P3T/J3K) associados preferencialmente à Formação Botucatu. Sustentam colinas de topos tabulares e morros baixos e amplos de topos convexos do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. Municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.



FOTO 10.1.1.2.2-27: Terrenos constituídos por rochas intrusivas tabulares do Grupo São Bento – Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos (K1δ/βsg). Ocorrem como corpos intruvisos nos grupos Tubarão (Subgrupo Itararé) e Passa Dois (Formações Irati e Corumbataí), e na Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Traçado leste-oeste da dutovia, no trecho entre Paulínia e Rio das Pedras, e no traçado norte-sul da dutovia, nos arredores da cidade de Campinas e do terminal de Santa Bárbara d'Oeste (foto acima) e como diversas outras ocorrências entre as estacas 28+5.000m e 35+4.400m.



FOTO 10.1.1.2.2-28: Terrenos constituídos pelas rochas basálticas da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos (K1δ/βsg) - Grupo São Bento, presentes no traçado norte-sul da dutovia. Formam extensos derrames de basaltos intercalados com arenitos da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais P3T/J3K. Observados a partir da estaca 35km até os arredores dos terminal Serrana. Municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.

Formação Rio Claro

A Formação Rio Claro (**ENrc**) é de ocorrência muito restrita na AII da dutovia, na forma de parte de um corpo localizado na altura da estaca 32km, a oeste do traçado, no limite entre os municípios de Rio Claro e Araras.

A unidade ocorre no Platô de Rio Claro, onde está assentada sobre a Formação Corumbataí, e próximo do limite leste da Depressão Periférica, sobre o Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana.

É constituída por arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos argilosos e argilitos intercalados, separados em quatro fácies tidas como representantes de sistema fluvial meandrante em clima úmido: depósitos de lamitos com clastos centimétricos imaturos e laminação ausente ou incipiente; depósitos de cascalhos associados com areias com estratificação acanalada ou tabular; depósitos de areia com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada e com intercalações de argila; e depósitos argilosos a síltico-argilosos com laminação distinta a indistinta e conteúdo fossilífero (restos de vegetais). Ocorre, também delgada lente de conglomerado basal em discordância angular sobre as unidades subjacentes (PONÇANO, 1981; MELO, 1995).

Coberturas Cenozóicas

As coberturas cenozóicas se encontram subdivididas na AII nas coberturas cenozóicas indiferenciadas e nos aluviões recentes e atuais. Também incluem os sedimentos da Planície Costeira e da Bacia de São Paulo, discutidos anteriormente.

COBERTURAS CENOZÓICAS INDIFERENCIADAS

Ocorrem como extensas áreas, denominadas **Qce**, em sua maioria localizadas sobre as rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) nas proximidades de Campinas, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia, e na forma de manchas menores sobre os gnaisses do Complexo Piracaia nos arredores de Itupeva e a oeste-sudoeste de Jundiaí.

De modo geral, são representadas por rochas argílicas, siltosas e, mais raramente, por níveis de cascalhos e conglomerados. Fúlfaro e Suguio (1968) consideram estes depósitos como de origem fluvial. Podem constituir depósitos colúvio-eluvionares, fluviais de encosta e flúvio-lagunares relacionados a meandros abandonados e às planícies de inundação.

Ressalta-se que o agrupamento das coberturas cenozóicas como indiferenciadas deu-se devido às discrepâncias das propostas de classificação e à inexistência de dados conclusivos em relação à idade precisa destes depósitos.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-29** referente às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-29: Rodovia Santos Dumont. Altura da estaca 21+2.000m. Terrenos onde ocorrem as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce) conformando colinas e morros baixos de topos tabulares (Depressão do Médio Tietê), e que recobrem parcialmente as rochas do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé). Situação observada na região de Campinas, Monte Mor, Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste.

ALUVIÕES RECENTES E ATUAIS

Os aluviões recentes e atuais (**Q2a**) são reconhecidos na faixa de estudo da AII conformando depósitos nas várzeas do Canal de Bertioga e dos rios Diana, Jurubatuba, da Onça, Pinheiros Tietê, Juqueri, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, Bonito, Mogi-Guaçu e Peixe, que recortam os terrenos avaliados, bem como dos reservatórios do Rio das Pedras, do Rio Pequeno, Billings, Guarapiranga e do Juqueri e das Represas de Pirapora e Edgar de Souza. Podem ainda associar-se às margens das principais drenagens, como o ribeirão dos Cristais, o córrego São Simão, e afluentes da margem esquerda do rio Capivari.

Os aluviões incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços. Podem ser reconhecidos como depósitos associados aos terraços aluviais mais antigos, observados em cotas relativamente mais elevadas, enquanto que os depósitos aluviais recentes se relacionam ao assoreamento dos canais atuais e às planícies fluviais, a partir do transbordamento dos canais nos períodos mais chuvosos.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.2.2-30** referente aos Aluviões Recentes e Atuais reconhecidos ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.1.2.2-30: Vista parcial da várzea do rio Jundiaí na cidade de Jundiaí. Rodovia João Cereser, na altura da estaca 18+3.900m. Visada para norte-noroeste. Terrenos aplainados característicos de áreas onde ocorrem Aluviões Recentes e Atuais.

10.1.1.2.3 Conclusões sobre a Geologia da AII

No período de implantação da futura dutovia, os terrenos a serem atravessados por grandes extensões – tanto no traçado norte-sul como no segmento leste-oeste – deverão ser impactados por escavações superficiais de pequena profundidade, em geral estimadas em menos de 2,0m.

As escavações ocorrerão concentradas em um horizonte superficial e raso. Em função do clima tropical característico da região sudeste durante o transcocrrer do período quaternário e que continua atuante, ocorreu o desenvolvimento de espesso manto de intemperismo associado à evolução pedogenética das rochas pré-cambrianas e, eventualmente, sobre os sedimentos terciários.

Desta forma, os mais variados litotipos rochosos das diversas unidades geológicas pré-cambrianas atravessadas ao longo da futura dutovia – na grande maioria dos casos – não serão atingidos, devendo ser recortados e escavados superficialmente apenas os solos evoluídos a partir da alteração supérgena, além de eventuais sedimentos terciários nos arredores da cidade de São Paulo, e os extensos depósitos quaternários antigos e recentes presentes na Baixada Santista e aqueles associados às drenagens principais observados nos terrenos do Planalto e da Depressão Periférica.

Os depóstios aluviais que constituem parte dos Sedimentos Continentais Indiferenciados, bem como os depósitos pertencentes aos Sedimentos Marinhos e Mistos, observados na Baixada Santista, e ainda, os aluviões recentes e atuais identificados no Planalto e na Bacia do Paraná poderão ser facilmente escavados no período de implantação da dutovia. Contudo, por constituírem depósitos recentes, os solos argilosos e arenosos associados a esses depósitos, em geral apresentam pouca estabilidade. Os solos moles e muitos moles constituídos por argilas orgânicas apresentam ainda características particulares de ambientes redutores, que serão abordados no capítulo de Geotecnia.

Já os corpos de tálus identificados nas encostas dos morros isolados na Baixada Santista – pricipalmente na região do Guarujá, e nas encostas da serra do Mar e na serra do Quilombo – e agrupados na unidade dos Sedimentos Continentais Indiferenciados – apresentam características de instabilidade e movimento de massa por rastejo. A presença de blocos de rochas de tamanhos variados – por vezes de dimensão métrica ou maior - na sua constituição, também podem dificultar os trabalhos de escavação durante a implantação da dutovia.

Os depósitos terciários associados à Formação São Paulo presentes nos arredores da cidade de São Paulo e, principalmente, as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas representadas por depósitos colúvio-eluvionares identificados entre Campinas e Pirassununga no traçado norte-sul e de Paulínia até Rio das Pedras no trecho leste-oeste da AII da dutovia, são de fácil escavação e apresentam boa estabilidade. As escavações de pouca profundidade aliada à distribuição e conformação destas unidades que tendem a ocupar o topo e se estendem até a meia encosta das colinas e morros baixos – por vezes médios – muito provavelmente não interceptarão o nível freático, o que contribui para as condições de estabilidade durante as obras de escavação para a sua implantação.

Considerando as escavações a pouca profundidade, os solos expostos evoluídos a partir alteração supérgena das rochas pré-cambrianas tendem a se apresentar homogêneos e com estruturação maciça, e ainda, predomina na sua constituição superficial uma matriz argilo-arenosa ou areno-argilosa, independentemente do litotipo dos quais esses solos evoluíram, situação por vezes também reconhecida nos solos derivados da alteração da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (formações Pirambóia e Botucatu) do Grupo São Bento.

Em maiores profundidades, as caracterísitcas intrínsecas – textura, estrutura, granulometria, constituição mineral – tendem a se mostrarem mais preservadas, sendo reconhecidos diversos aspectos das rochas originais e, por consequência, das unidades geológicas recortadas na implantação da dutovia.

Os solos derivados de rochas pré-cambrianas ígneas e metamórficas instaladas na serra do Mar e nos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiaí em geral apresentam profundidades significativas. Em geral têm espessuras superiores a 10 metros e podem atingir mais de 50 metros, como se observa em cortes da Rodovia dos Imigrantes (neste caso, de forma muito restrita), do Rodoanel – trechos Sul e Oeste – e na Rodovia dos Bandeirantes, principalmente até os arredores de Jundiaí e, de forma menos intensa, até as proximidades de Campinas.

Nesta região, não obstante a espessura considerável dos solos superficias homogêneos e/ou maciços e de constituição argilo-arenosa a areno-argilosa derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro (Complexo Costeiro e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Itu), Embu (Complexo Pilar, Complexo Embu, e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira e Suítes Graníticas Indiferenciadas), São Roque (Grupo São Roque, Grupo Serra do Itaberaba e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira) e Socorro-Guaxupé (Complexo Piracaia e Rochas Ígneas Intrusivas), as interferências antrópicas – com destaque para os cortes profundos efetuados nas encostas para a implantação das principais rodovias – condicionaram a exposição de horizontes mais profundos, onde prevalecem os solos estruturados, maciços ou orientados, por vezes micáceos e/ou caulínicos, e com constituição da matriz argilo-siltosa, silto-argilosa, ou areno-silto-argilosa.

Tais exposições tendem a apresentar ocorrências de instabilidade quando associados aos solos mais profundos recortados e derivados de xistos e filitos (Complexo Pilar e grupos São Roque e Serra do Itaberaba) e outras rochas fortemente estruturadas, como as associadas às zonas de cisalhamento. O mesmo pode ser observado em solos derivados das rochas gnáissicas ou mesmo migmatíticas (complexos Costeiro, Embu e Piracaia) quando apresentam foliação e/ou bandamento proeminente ou ocorrem afetadas por zonas de cisalhamento.

Já nos solos mais profundos derivados de rochas metamórficas arenosas (quartzitos, metarenitos e metarcóseos) e de rochas ígneas presentes nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé (rochas graníticas diversas) podem ocorrer processos erosivos laminares, caso os taludes executados após as escavações para a implantação dos dutos permaneçam expostos por período prolongado ou, eventualmente, sejam afetados por eventos chuvosos excepcionais.

Deve-se considerar que os cortes no terreno para a implantação dos dutos atingirão esses solos menos evoluídos a pouca profundidade, com escavações em nichos, ficando os mesmos desconfinados por um curto período o que impede ou dificulta consideravelmente eventuais problemas de estabilidade.

Eventualmente, as escavações da futura dutovia nas faixas laterais das rodovias existentes, quando associadas à base de encostas de morros médios e altos retaludadas poderão ser implantadas em trechos com exposição do maciço rochoso. Associam-se, sobretudo, a ocorrências localizadas de rochas graníticas, gnáissicas e/ou migmatíticas verificadas nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé, além de corpos restritos de metaconglomerados do Grupo São Roque. Tal situação deverá exigir a escavação da faixa lateral e/ou corte da base da encosta a fogo.

A presença de rochas carbonáticas no Domínio São Roque na região da Cajamar-Jordanésia levanta a possibilidade de ocorrência de relevos cársticos e processos de abatimentos naturais ou induzidos na AII. Contudo, na região da Rodovia dos Bandeirantes – onde está prevista a implantação da dutovia – as lentes das rochas carbonáticas são bastantes restritas comparadas àquelas presentes a oeste da Rodovia Anhanguera, onde encontram-se instaladas as principais minas a céu aberto ainda em atividade de explotação de calcáreo, e onde também foi reportado o abatimento e colapso cárstico na cidade de Cajamar.

Dos solos derivados a partir das rochas sedimentares da Bacia do Paraná podem ser reconhecidos aqueles preferencialmente argilosos e argilo-siltosos associados aos grupos Tubarão (parte do Subgrupo Itararé), Guatá (Formação Tatuí) e Passa Dois (formações Irati, Corumbataí, Teresina e Serra Alta), e os predominantemente arenosos, evoluídos des arenitos diversos do Subgrupo Tubarão e, principalmente, da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento (formações Pirambóia e Botucatu).

Também são reconhecidos os solos essencialmente argilosos, ou ainda, argilo-siltosos, evoluídos da decomposição *in situ* das rochas básicas da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos do Grupo São Bento.

As escavações superficiais da dutovia em terrenos da Bacia do Paraná deverão restringir-se aos solos mais evoluídos nas regiões em que o empreendimento for implantado em campos abertos. E poderão avançar sobre solos mais profundos – e que guardam maior correlação com as rochas sãs – nos locais onde a cobertura superficial foi previamente removida para a instalação de obras pretéritas, com destaque para as faixas laterais de rodovias existentes.

Os eventuais problemas potenciais da Geologia associados às rochas Bacia do Paraná referem-se aos cortes e escavações da dutovia em terrenos onde os solos arenosos mostram-se menos evoluídos e são mais friáveis, podendo ocorrer processos erosivos lineares de dimensões consideráveis.

Eventualmente, as escavações da dutovia na porção da Bacia do Paraná poderão ser efetuadas sobre ocorrências rochosas ou com o topo rochoso instalado a uma profundidade superior ao fundo da escavação, o que deverá exigir a escavação e/ou corte da encosta a fogo. Tal situação poderá ser observada em locais restritos, onde ocorra a exposição da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos – Grupo São Bento (Fomação Serra Geral e Unidade das Intrusivas Tabulares) a ser atravessada pelo futuro empreendimento.

10.1.1.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

10.1.1.3.1 Introdução

Partindo do litoral, a faixa da AID/ADA do empreendimento cruza o embasamento cristalino, representado pelos domínios tectônicos Costeiro, até a Zona de Cisalhamento de Cubatão; Embu, entre esta e a Zona de Cisalhamento Taxaquara; São Roque, entre a Zona de Cisalhamento de Taxaquara e a Zona de Cisalhamento de Jundiuvira; e Socorro-Guaxupé desde a Zona de Cisalhamento de Jundiuvira até os limites da Bacia do Paraná, conforme as cartas geológicas Campinas, São Paulo e Santos (CPRM, 1999).

A partir da altura da estaca 21+1.500m, município de Campinas, são reconhecidas as rochas sedimentares e ígneas de caráter básico a intermediário dos grupos Tubarão, Guatá, Passa Dois e São Bento, todas pertencentes à Bacia do Paraná, ocorrentes desde a região de Campinas até Santa Bárbara d'Oeste, passando por Monte Mor e Sumaré, onde também estão presentes as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, até Serrana, no extremo noroeste, bem como no trecho leste-oeste do traçado, desde Botucatu até Paulínia, conforme a carta geológica Campinas (CPRM, 1999) e as folhas Bauru (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto (DAEE-UNESP, 1982), constituindo os terrenos da Depressão Periférica Paulista e do Planalto Ocidental Paulista.

O traçado do empreendimento intercepta, ainda, as coberturas sedimentares cenozóicas da Planície Costeira, na região da Baixada Santista, e aquelas integrantes do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Bacia de São Paulo; RICCOMINI, 1989), no município de São Paulo e imediações, além de sedimentos aluvionares depositados nas várzeas das drenagens.

A seguir, são apresentadas as características litológicas e estruturais gerais da faixa da AID/ADA do futuro empreendimento, que são observadas nos mapas que constituem o **Anexo 17. IV-5**, elaborados a partir do Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23, cartas geológicas Campinas SF.23-Y-A, São Paulo SF.23-Y-C e Santos SF.23-Y-D (CPRM, 1999), na escala 1:250.000; do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, folhas Bauru SF.22-Z-B (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto SF.23-V-C (DAEE-UNESP, 1982), em escala 1:250.000; do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2006), em escala 1:750.000; bem como do mapa efetuado por Suguio e Martin (1978) na Planície Costeira, na escala 1:100.000.

10.1.1.3.2 Distribuição das Unidades Geológicas ao Longo da Faixa

Planície Costeira

A Planície Costeira, distribuída entre as regiões de Guarujá, Santos e Cubatão, apresenta cerca de 40km de extensão por 15km de largura máxima, sendo limitada, nas suas extremidades, pela Serra de Mongaguá, ao sul, e pela parte rochosa da Ilha de Santo Amaro, ao norte. Nas porções central e nordeste, é drenada por uma rede de lagunas e canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro.

Na planície de Santos predominam os depósitos holocênicos formados durante a Transgressão Santos, e os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (**Qlim**) e areias marinhas litorâneas (**Qliam**), por vezes retrabalhadas pelo vento. Localmente, além dos limites da AID/ADA, podem ser observados depósitos marinhos arenosos pleistocênicos da Formação Cananéia. Os sedimentos depositados no Holoceno ocorrem até o sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão, e também estão depositados no entorno de morros baixos e médios isolados, pertencentes às unidades pré-cambrianas.

Para o modelo evolutivo dos depósitos sedimentares da Planície Costeira na região, é necessário o entendimento das variações relativas do nível do mar durante o Quaternário.

A Transgressão Cananéia (pleistocênica), ocorrida entre 120.000 e 100.000 anos A.P., elevou o nível do mar, na região de Santos, cerca de 7m acima do nível de maré cheia atual, e foi seguida de uma regressão que teve seu máximo entre 17.500 e 17.000 anos A.P. e que provocou o rebaixamento do nível do mar a –110m em relação ao nível do mar atual (SUGUIO E MARTIN, 1978). O recuo da linha da costa e o grande desnível topográfico verificados neste período provocaram intenso processo de dissecação do relevo, erodindo, assim, grande parte da Formação Cananéia.

Seguiu-se novo evento de subida do nível do mar, denominado Transgressão Santos (holocênica). Numerosas datações de conchas e fragmentos de madeira carbonizados, provenientes das formações lagunares, permitiram esboçar a curva de variação do nível marinho no Holoceno. O máximo da Transgressão Santos na região de interesse atingiu seu pico há cerca de 5.100 anos A.P., elevando o nível do mar entre 4,5 e 4,7m acima do nível de maré alta atual.

Nos últimos 5.100 anos, o nível relativo do mar sofreu progressivo rebaixamento até a posição atual, intercalando, contudo, duas rápidas fases de flutuações. Ao redor de 3.800 anos A.P., passou por um mínimo relativo, com oscilações de 1,5 a 2m abaixo do nível atual (MASSAD, 1996). Ao redor de 3.500 anos A.P., o nível relativo do mar passou por um segundo máximo, situado em torno de +3,5 a + 4m. Entre 3.000 e 2.500 anos A.P., foi constatado um pequeno rebaixamento, situado por Suguio (1999) em 2.800 anos A.P., e que provavelmente atingiu um nível inferior ao atual. Em torno de 1800 anos A.P., estima-se que o nível relativo do mar não poderia ter sido superior a +0,5m.

No transcurso da regressão que rebaixou o nível do mar – 110m em relação ao nível atual instalou-se uma rede hidrográfica sobre esses depósitos, esculpindo vales profundos. Grande parte dos depósitos precedentes (pleistocênicos) foi erodida, talvez até o Embasamento Cristalino, ao redor da cota – 50m.

Durante a última fase transgressiva, o mar inicialmente penetrou nessas zonas baixas, dando origem a um sistema de lagunas. Ao mesmo tempo, as partes altas, remanescentes da Formação Cananéia, foram erodidas pelo mar em transgressão, produzindo o material necessário para os depósitos arenosos marinhos holocênicos, formando ilhas-barreira na época do máximo transgressivo.

Tais ilhas isolaram zonas lagunares onde se depositaram sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica, contendo restos de conchas e fragmentos vegetais. Nos períodos regressivos subsequentes, teria ocorrido acreção de cordões litorâneos às ilhas-barreira, formando faixas de vários quilômetros.

De acordo com Suguio e Martin (1978), numerosas sondagens, na região de Santos, são indicativas de que, em certas partes da planície, os depósitos argilosos lagunares podem atingir até cerca de 50m de espessura. Esses autores individualizaram, na Planície Costeira, depósitos holocênicos marinhos e lagunares constituídos por areias e argilas relacionados aos sedimentos flúvio-lagunares e de baías (**Qlifl**).

Os sedimentos ocupam posição interior do continente, aproximando-se, inclusive, do sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão e nas proximidades das serras do Morrão e do Quilombo, como também ocorrem depositados nos arredores dos morros da ilha de Santo Amaro, no Guarujá. Podem, ainda, estar depositados atrás de morros médios e baixos isolados na Planície Costeira, pertencentes às unidades pré-cambrianas, depósitos esses que se estendem a partir da Baía de Santos até a região de Bertioga, sendo reconhecidos ao longo e nos arredores do Canal de Bertioga.

Suguio e Martin (1978) também mapearam, próximo à linha de costa atual, na região da Praia da Enseada (Guarujá), na Cidade de Santos e cercanias e, ainda, a partir de Praia Grande por toda a costa em direção a Itanhaém, depósitos de areias marinhas litorâneas (holocênicas), localmente retrabalhadas pelo vento. Tais depósitos podem ser reconhecidos entre a parte externa dos depósitos arenosos da Formação Cananéia e o oceano.

A partir de fotografias aéreas, os autores cartografaram estruturas de cordões de regressão mostrando alinhamento nítido de cordões litorâneos. Constituem uma faixa contínua entre o oceano e os depósitos arenosos pleistocênicos, sendo que o topo dessas areias marinhas situa-se entre 4,5 e 4,7m acima do nível de maré atual. A Cidade do Guarujá encontra-se instalada sobre essas areias holocênicas que, por sua vez, repousam sobre sedimentos argilosos de origem lagunar.

Nas margens das lagunas, nos canais de maré e nos cursos inferiores dos rios que drenam a Planície Costeira, desenvolvem-se importantes formações de mangues e pântanos atuais, cartografados como areias e argilas. De acordo com Suguio e Martin (1978), as principais ocorrências na faixa da AID/ADA podem ser reconhecidas a leste da Serra do Morrão, ocupando a margem esquerda do rio Moji, e as porções mais baixas de ambas as margens dos rios da Onça e Quilombo, e a margem direita do rio Jurubatuba. Recobrem ainda, mais a sul-sudeste, as margens do rio Diana e o Canal de Bertioga.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-1** a **10.1.1.3.2-3** ilustrativas de algumas das unidades presentes na Planície Costeira.



FOTO 10.1.1.3.2-1: Vista geral da Planície Costeira constituída por depósitos flúvio-marinhos holocênicos (Qlifl), onde predominam os sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica formados durante a Transgressão Santos e, de forma subordinada na faixa da AID/ADA, pelos depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (Qlim) e areias marinhas litorâneas (Qliam), por vezes retrabalhadas pelo vento.



FOTO 10.1.1.3.2-2: Vista para oeste-noroeste do Canal de Bertioga instalado sobre a Planície Costeira, na região onde predominam os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (**Qlim**). Foto a partir da ponte da Rodovia Piaçaguera-Guarujá instalada sobre o Canal, na altura da estaca 2+1.100m.



FOTO 10.1.1.3.2-3: Vista geral para nordeste da região do futuro terminal Guarujá a ser instalado sobre terrenos planos da Planície Costeira constituída no local por depósitos flúvio-marinhos holocênicos (**Qlifl**) formados por sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica. Foto obtida a partir das proximidades da estaca 0+7.000m.

Domínio Costeiro

A sul-sudeste da Zona de Cisalhamento de Cubatão ocorre o Domínio Costeiro, representado pelo complexo homônimo e por rochas ígneas intrusivas associadas.

COMPLEXO COSTEIRO

As rochas agrupadas no Complexo Costeiro correspondem a terrenos metamórficos de médio a alto grau, com migmatização e granitização em graus variáveis, fortemente deformados e paralelizados, com direção estrutural NE predominante atribuída ao Ciclo Brasiliano, e configuram uma unidade bastante heterogênea (SACHS, 1999).

Na faixa de estudo da AID/ADA, o Complexo Costeiro é identificado nas imediações no intervalo da estaca 1+700m até a estaca 1+3.800m, a sul-sudeste do eixo da dutovia, e desde a estaca 2+1.100m até a 4+4.500m, aproximadamente, onde conforma os morros isolados entremeados nos sedimentos da Planície Costeira. Está representado por três unidades, a saber: migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, *schlieren*, e estromática (**NPccog**); (hornblenda)-biotita migmatito e/ou granito-gnaisse porfiroclástico (**NPccgm**); e biotita gnaisses gradando para migmatitos estromáticos (**NPccgb**).

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

O Domínio Costeiro inclui, ainda, maciços ígneos pouco foliados ou foliados, representados por anfibólio-biotita granito a granodiorito rosa, com granada, equigranular, denominado Granito Morrão (**Є$\alpha\gamma$4Smo**), aflorante entre a margem direita do rio Quilombo e a margem esquerda do rio Moji, nas imediações da estada 3+2.300m, e por biotita granito cinza-rosado, porfirítico, denominado Granito Guarujá-Santos (**Є$\alpha\gamma$4gs**), aflorante na Ilha de Santo Amaro, Guarujá, na região do Morro da Barra e imediações, no intervalo entre 0+6.400m e 0+7.000m. O Granito Morrão é incluído nas Suítes Graníticas Pós-tectônicas - Fácies Itu, enquanto que o Granito Guarujá-Santos integra o Complexo Costeiro conforme o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), utilizado na descrição dos aspectos geológicos da AII.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-4** a **10.1.1.3.2-6**, ilustrativas de algumas das unidades do Complexo Costeiro e rochas ígneas intrusivas associadas, e que compreendem o Domínio Costeiro.



FOTO 10.1.1.3.2-4: Vista para sudeste da encosta da Serra do Quilombo sustentada por morros alongados isolados de direção geral NE-SW e constituídos por migmatitos com estruturas diversas do Complexo Costeiro (NPccog). O traçado da Rodovia Piaçaguera-Guarujá é sinuoso nessa serra, e ocupa o trecho entre as estacas 2+6.700m a 3+450m, aproximadamente.



FOTO 10.1.1.3.2-5: Vista para sul-sudeste – a partir da encosta da Serra do Quilombo – do trecho entre as estacas 2+5.200m e 2+6.400m – onde ocorrem morros isolados na Planície Litorânea sustentados pela unidade dos hornblenda-biotita migmatitos e/ou granito-gnaisses porfiroclásticos (NPccgm) do Complexo Costeiro.



FOTO 10.1.1.3.2-6: Vista das escarpas do morro isolado denominado Morro da Barra, que demarcam a extremidade sudoeste da Ilha de Santo Amaro, no município do Guarujá. Os terrenos da encosta escarpada assim como do topo do Morro da Barra são sustentados pelo Maciço Granitóide Santos-Guarujá (Єaγ4gs), representado por biotita granito cinza-rosado, porfirítico.

Domínio Embu

O Domínio Embu compreende a maior parte da porção sul da região metropolitana de São Paulo (RMSP), desde a Zona de Cisalhamento de Cubatão, a sul, caracterizada na escarpa da Serra do Mar, até a região da Zona de Cisalhamento de Taxaquara/várzea do rio Tietê, a norte. Inclui o Complexo Embu e diversos corpos de rochas granitóides intrusivos no mesmo.

No Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), essa região da AID/ADA compreende os complexos Pilar e Embu, originalmente pertencentes ao Grupo Açungui, segundo Hasui (1975). Nos últimos anos, os litotipos dos dois complexos têm sido agrupados como Complexo Embu. Campos Neto (1983) e Campos Neto e Basei (1983) desmembraram o Complexo Embu e o Grupo Açungui, considerando-os independentes.

COMPLEXO EMBU

O Complexo Embu está representado por rochas paraderivadas metamorfisadas em grau médio a alto, chegando a atingir fusão parcial *in situ*. Evidências de retrometamorfismo em condições de fácies xisto verde baixa são reconhecidas por diversos autores, especialmente nos litotipos afetados por zonas de cisalhamento.

Na AID/ADA, o Complexo Embu ocorre desde a altura da estaca 4+6.200m até a 13+830m, onde está representado principalmente por rochas metapelíticas (**NPexma** e **NPexmb**), a saber, biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xistos, migmatizados ou não, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos, com ou sem intercalações ou *boudins* predominantemente de rochas calciossilicáticas (**NPexma2**), calciossilicáticas e anfibolitos (**NPexma3**) ou de quartzo-micaxistos e quartzitos (**NPexma4**). O Complexo Embu inclui, ainda, (granada+sillimanita)-biotita gnaisses, localmente migmatizados, com *boudins* de calciossilicáticas, quartzitos e anfibolitos, além de lentes de xistos e mármores restritos (**NPepg**); hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, de composição predominantemente granítica a granodiorítica, migmatizados (**NPeog**); e sericita xistos, sericita filitos e sericita-quartzo xistos com alto grau de alteração (**NPesx**).

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Granitóides brasilianos sinorogênicos foliados Tipo Ibiúna, Tipo Itapevi e Tipo Tapiraí intrudem o Complexo Embu entre as zonas de cisalhamento de Taxaquara e Caucaia do Alto, desde as imediações da estaca 12 até a altura da estaca 13, aproximadamente. Os do Tipo Ibiúna (**NP3pγ1lib**) incluem hornblenda-biotita granodioritos/monzogranitos porfiríticos, com quartzo dioritos subordinados, os do Tipo Tapiraí (**NP3pγ1ta**) compreendem biotita monzogranitos porfiríticos, enquanto que os do Tipo Itapevi (**NP3pγ1iv**) são formados por biotita monzogranitos inequigranulares (WERNICK ET AL., 1989). Os dois primeiros ocorrem, na faixa da AID/ADA, ocupando parte do município de Osasco, enquanto que o Tipo Itapevi aflora em Taboão da Serra/Embu. Via de regra têm seus limites norte e sul dados por falhas NE-SW, e configuram corpos alongados nessa direção. Ainda intrudindo o Complexo Embu, ocupando parte da AID/ADA no entorno da Represa Billings, desde a estaca 7+4.400m até as proximidades da estaca 9, ocorrem muscovita-biotita granitos equigranulares denominados Granito Três Lagos (**NP3eγ1Stl**).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-7** a **10.1.1.3.2-10**, ilustrativas de algumas das unidades do Complexo Embu e rochas granitóides intrusivas, e que compreendem o Domínio Embu.



FOTO 10.1.1.3.2-7: Vista geral para norte de morro com exposição de biotita xistos diversos, por vezes com diferentes estágios de migmatização, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos (NPexm, Complexo Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 11+2.000m.



FOTO 10.1.1.3.2-8: Vista de retaludamento de morro alto com exposição de rochas metamórficas de alto grau – gnaisses localmente migmatizados, associações de biotita milonito gnaisses porfiroclásticos e corpos subordinados de biotita ortognaisses – do Complexo Embu (NPepg, Domínio Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 10.



FOTO 10.1.1.3.2-9: Vista de corte de morro com exposição de rocha ígnea – biotita granitóide e muscovita-biotita granitóide com turmalina, cinza-claro, equigranular (Granito Três Lagos, NP3eγ1Stl) – intrusiva nas rochas metapelíticas (xistos diversos) do Complexo Embu (Domínio Embu). Exposição em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul, na região da estaca 8.

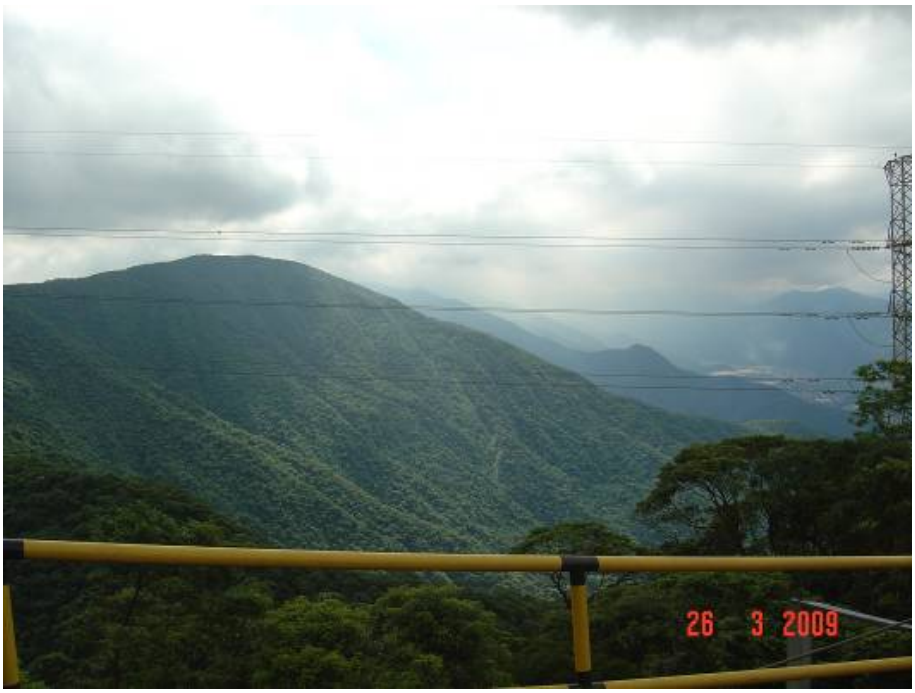


FOTO 10.1.1.3.2-10: Vista geral para leste-sudeste das escarpas da Serra de Cubatão exibindo declividade acentuada e sustentadas por unidades do Complexo Embu, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas, hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, por vezes migmatizados (NPeog) no topo, com xistos e quartzitos milonitizados na base (NPeXma4), esses últimos afetados pela Zona de Cisalhamento de Cubatão.

Bacia de São Paulo – Grupo Taubaté

Sedimentos integrantes da Bacia de São Paulo afloram como pequenos corpos esparsos e de contornos irregulares, presentes desde a várzea do rio Tietê até a Represa Billings, de modo geral recobrindo o topo e parte das encostas laterais dos morros conformados sobre as rochas metamórficas do Complexo Embu.

Esses sedimentos, de idade paleógena, são compostos por conglomerados polimíticos, brechas, arenitos e lamitos relacionados a sistemas de leques aluviais e planícies aluviais de rios entrelaçados, incluídos na denominada Formação Resende (**Er**) por Riccomini (1989).

Essa formação, basal, bem como as formações Tremembé e São Paulo, formam o Grupo Taubaté, de idade paleógena, que, juntamente com as formações Itaquaquecetuba e Pindamonhangaba, integram o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989), cuja origem e evolução estão relacionadas à abertura do Atlântico Sul.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-11**, ilustrativa dos sedimentos da Bacia de São Paulo.



FOTO 10.1.1.3.2-11: Vista de corte de morro com exposição de sedimentos paleógenos associados à Bacia de São Paulo. Os depósitos ocorrem como manchas isoladas e descontínuas recobrindo rochas metamórficas do Complexo Embu. Exposição de taludes do Trecho Sul do Rodoanel.

Domínio São Roque

O Domínio São Roque constitui uma ampla faixa de rochas metavulcano-sedimentares integrantes dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, além de granitóides intrusivos, que se estende por quase 180 km desde a região de Salto de Pirapora – Itu, a oeste, até Monteiro Lobato, a leste, balizada pelas falhas de Itu-Jundiuvira, a norte, e de Taxaquara, ao sul, além de outras de menor expressão regional. É a área clássica de ocorrência do Grupo São Roque e do Grupo Serra do Itaberaba.

O Grupo Serra do Itaberaba, basal, é constituído por sequências vulcano-sedimentares metamorfisadas em grau médio, enquanto que o Grupo São Roque inclui essencialmente metassedimentos clásticos de águas rasas (JULIANI ET AL., 1986; JULIANI E BELJAVSKIS, 1995).

Em relação à faixa da AID/ADA, o Domínio São Roque é identificado a norte do rio Tietê, desde a altura da estaca 13+6.000m, onde está em contato com as rochas do Domínio Embu através da Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT), até a altura da estaca 16+8.300m, onde está em contato com o Domínio Socorro-Guaxupé por meio da Zona de Cisalhamento de Itu-Jundiuvira (ZCIJ), aproximadamente coincidente com as fronteiras municipais de Cajamar/Franco da Rocha com a de Jundiaí.

GRUPO SERRA DO ITABERABA

O Grupo Serra do Itaberaba apresenta grande variabilidade litológica com rochas comumente metamorfisadas no grau médio, determinado pela presença de biotita, andaluzita, cianita, estaurolita e granada.

Juliani e Beljavskis (1995) dividiram o Grupo Serra do Itaberaba nas formações Morro da Pedra Preta, vulcanossedimentar e basal, Nhanguçu, superior e composta essencialmente por metapelitos com andaluzita, metassedimentos manganesíferos, rochas carbonáticas e calciossilicáticas, e Pirucaia, predominantemente quartzítica, que deve corresponder a litofácies depositadas nas margens da bacia sedimentar, podendo ser cronocorrelatada a ambas as formações já citadas, mais especialmente à Formação Nhanguçu.

Na faixa da AID/ADA são reconhecidas litologias das formações Morro da Pedra Preta e Nhanguçu, do Grupo Serra do Itaberaba.

A Formação Morro da Pedra Preta (**MP2sipp**), basal e de natureza vulcano-sedimentar, é representada na AID/ADA unicamente pelas unidades dos micaxistos (**b**), dos micaxistos, *hornfels*-xistosos e xistos migmatizados (**d**), e pela unidade dos filitos laminados, sericita filitos e quartzo filitos, com intercalações comuns de xistos, metarenitos, quartzitos, anfibolitos e rochas calciossilicáticas (**g**), identificadas no entorno do *Stock* Granítico Tico-Tico, nos municípios de São Paulo e Caieiras, principalmente nas imediações das estacas 14+6.970m e 14+9.050m, e entre as estacas 15+1.830m e 15+4.000m, e a sul-sudoeste da estaca 14+5.500m – região do entroncamento do Rodoanel Mário Covas com a Rodovia dos Bandeirantes, respectivamente.

A Formação Nhanguçu (**MP2sinh**), essencialmente clastoquímica, é composta pelas unidades das rochas bandadas, metassedimentos ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Mn, em parte calciossilicáticos (**a**) e xistos porfiroblásticos, com andaluzita, localmente leitos com magnetita, turmalina ou quartzo, incluindo *metacherts* (**b**). Na faixa na AID/ADA, é identificada desde a região de Perus até a borda sul do *Stock* Granítico do Tico-Tico (estacas 14+5.000m a 15+680m), onde ocorre associada com rochas calciossilicáticas da Formação Morro da Pedra Preta.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-12** e **10.1.1.3.2-13**, ilustrativas do Grupo Serra do Itaberabara identificadas no Domínio São Roque.



FOTO 10.1.1.3.2-12: Vista dos terrenos com xistos e rochas metabásicas da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Arredores da Rodovia dos Bandeirantes, na região da estaca 15+5.200m. Visada para leste-nordeste. Município de Caieiras.



FOTO 10.1.1.3.2-13: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de xistos da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Região da estaca 15+5.200m. Município de Caieiras.

GRUPO SÃO ROQUE

Ocorre em uma unidade geotectônica bem definida geograficamente denominada bloco São Roque (HASUI ET AL., 1969). Sua principal área de exposição estende-se desde a borda da Bacia do Paraná, na faixa compreendida entre Itu e Salto do Pirapora, até a região de Igaratá, passando por Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Mairiporã, onde começam a dominar as litologias da unidade basal, Serra do Itaberaba.

A transição de unidades pelíticas para psamíticas com maior ou menor participação de vulcânicas, além da variação lateral de fácies, tem dificultado o estabelecimento da estratigrafia do grupo. A divisão originalmente proposta por Hasui et al. (1976) foi praticamente invertida nos trabalhos subsequentes de Bergmann (1988) e de Juliani e Beljavskis (1995).

Estes últimos autores dividem o Grupo São Roque nas formações Piragibu (metapelítica, com lentes de conglomerado e de vulcânicas na base), Pirapora do Bom Jesus (essencialmente vulcânica/vulcanoclástica com biohermas e cálcio-filitos), Estrada dos Romeiros (composta por metapelitos e metarenitos rítmicos) e Boturuna (predominantemente metarenítica/arcoseana), esta constituindo o topo do Grupo São Roque segundo proposição de Bergmann (1988, 1991).

A Formação Piragibu é basal nas regiões das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, e do Morro Doce, sendo que no Sinclinório de Pirapora ela é pouco representada, sendo basal à Formação Pirapora do Bom Jesus seguida das formações Estrada dos Romeiros e Boturuna.

Grande parte do Domínio São Roque na faixa da AID/ADA é ocupado pelo Grupo São Roque, compreendido pelas seguintes unidades, de acordo com a da Carta Geológica São Paulo (CPRM, 1999):

Formação Boturuna (**NP3srbt**), que inclui, predominanemente, metarenitos arcoseanos que gradam para metassiltitos, metarcóseos e metagrauvacas (**a**), além de quartzitos, quartzitos feldspáticos e intercalações de metaconglomerados (**b**). Essas unidades ocorrem desde a estaca 13+6.200m até a 14+4.500m, aproximadamente.

Formação Estrada dos Romeiros (**NP3srer**), composta, na faixa da AID/ADA, por biotita-sericita filitos e quartzo filitos, por vezes bandados, com lentes subordinadas de filitos grafitosos, metarenitos, metarcórseos, quartzitos, calciossilicáticas, anfibolitos, metabásicas e quartzitos finos que gradam para microconglomerados (**a1**); metarritmitos sílticos/argilosos com níveis subordinados de metarenitos quartzosos (**b1**); sericita filitos e quartzo filitos laminados/quartzitos puros e impuros, localmente com lentes de micrometaconglomerados, filitos grafitosos e intercalações de anfibolitos (**b3**); sericita filitos e sericita-quartzo filitos bandados, quartzitos puros e margas (**b4**); além de metarenitos e metarenitos bandados, por vezes microconglomeráticos, metagrauvacas com intercalações de filitos laminados e raros ortoquartzitos (**c2**). Essas unidades ocorrem desde a estaca 15+3.500m até a estaca 17km, abrangendo os municípios de Caieiras, Franco da Rocha e Cajamar.

Formação Pirapora do Bom Jesus (**NP3srpj**), constituída, na faixa da AID/ADA, exclusivamente por filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, incluindo metamargas e calcários (**b4**), interceptados pelo traçado do futuro empreendimento no intervalo entre as estacas 15+4.600m e 15+6.200m, aproximadamente, no norte de Caieiras.

Ocorrências subordinadas de metaconglomerados da Formação Piragibu (**NP3srpid**) também estão representadas na AID/ADA.

A distribuição das unidades do Grupo São Roque pode ser verificada no Mapa Geológico da AID/ADA que constitui o **Anexo 17. IV-5**. A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-14** e **10.1.1.3.2-15**, ilustrativas do Grupo São Roque.



FOTO 10.1.1.3.2-14: Vista geral dos terrenos constituídos por morros médios de topos convexos conformados sobre rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (NP3srera1, Grupo São Roque). Região da estaca 16+8.000m. Município de Cajamar.



FOTO 10.1.1.3.2-15: Vista dos metaconglomerados da Formação Piragibu (NP3srpid) do Grupo São Roque, expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Oeste, na região da estaca 13+500m.

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Ocorrem inúmeros corpos e maciços granitóides intrudidos nas rochas supracrustais do Domínio São Roque. São predominantemente de idade neoproterozóica distribuídos em suítes pré-tectônicas, sin- a tardi-tectônicas e pós-tectônicas.

O Granito Itaqui (**NP3sγ1lit**), pertencente à suíte sin-a tardi-tectônica, é limitado a sul, em grande parte, pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara, e a norte, em parte, pela Zona de Cisalhamento Vila Menk. Compreende granodioritos porfiríticos, cinza, com biotita e anfibólio, maciços ou foliados, médios a grossos, de caráter sin- a tardi-tectônico, conforme Sachs (1999), que integram as Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

Ferreira (1991) identificou nove fácies no Granito Itaqui, das quais a Fácies Monzogranito Mutinga – que predomina – e a Fácies Granodiorito Barueri – subordinada – estão representadas na faixa de estudo da AID/ADA. A primeira inclui monzogranitos leucocráticos equigranulares a inequigranulares de granulação média e textura seriada. A Fácies Granodiorito Barueri é composta por rochas mesocráticas porfiríticas com matriz inequigranular média a grossa. É isótropa, mas pode estar levemente foliada na região da Zona de Cisalhamento Vila Menk.

O *Stock* Granítico Tico-Tico (**NP3sγ1Stt**), com idade de 625 Ma, composto por leucogranito branco-acinzentado com muscovita, biotita e granada, inequigranular, de granulação média a grossa, foliado, também pertence à suíte sin-tectônica a tardi-tectônica. Localiza-se entre as rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes, no intervalo entre as estacas 15+300m e 15+1.600m, município de Caieiras.

A leste da estaca 14+5.500m, a AID-ADA intercepta um pequeno corpo de biotita granodioritos e monzogranitos neoproterozóicos, isótropos a foliados, de caráter pós-tectônico, denominado Granito Taipas (**NP3sγ1lta**). O referido granito faz parte das Suítes Graníticas Pós-tectônicas da Fácies Itu, conforme a terminologia do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), adotado para o estudo da AII.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-16** e **10.1.1.3.2-17**, ilustrativas de algumas das unidades das Suítes Graníticas identificadas no Domínio São Roque.



FOTO 10.1.1.3.2-16: Vista das rochas granitóides do Maciço Granitóide Itaqui (NP3sγ1lit), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Oeste, na região da estaca 13+3.500m.



FOTO 10.1.1.3.2-17: Detalhe da exposição da rocha granitóide do *Stock* Granítico Tico-Tico (NP3sγ1Stt), reconhecido em corte de morro na Rodovia dos Bandeirantes. Região da estaca 15+1.7000m. Município de Caieiras.

Domínio Socorro-Guaxupé

Este domínio corresponde aos terrenos definidos por Campos Neto (1985) como Nappe Socorro-Guaxupé e interpretada pelo autor como uma estrutura alóctone sobreposta à Faixa Alto Rio Grande de Hasui e Oliveira (1984).

É constituído dominantemente por terrenos infracrustais. O metamorfismo é de baixa pressão (cordierita nas metapelíticas) e o grau metamórfico decresce, sendo granulito a norte e anfibolito a sul.

Na frente e na base da nappe são encontradas as rochas granulíticas, no geral bandadas, localmente com enclaves ou níveis calciossilicáticos, anfibolíticos e de quartzitos. No pacote predominantemente granulítico, o comportamento é suborizontal. Tectonicamente encaixados, os quartzitos com sillimanita, granada e microclínio chegam até 100 m de espessura.

Intrusões de granitóides peraluminosos ocorrem mais restritamente. São rochas predominantemente brancas, localmente róseas. Os enclaves são abundantes e variados, apresentando-se como gnaisses granulíticos, migmatitos, metassedimentos (quartzitos feldspáticos ou kinzigitos) e rochas ígneas.

No âmbito da faixa da AID/ADA, o Domínio Socorro-Guaxupé se encontra representado pelo Complexo Piracaia e por granitóides neoproterozóicos associados. Ocorre a noroeste da ZCJ, até a altura do município de Campinas – ao redor da estaca 21+1.500m, onde são identificados quartzitos, xistos e gnaisses diversos, por vezes migmatizados, do Complexo Piracaia, que corresponde a uma sequência supracrustal de mais alto grau metamórfico, em parte afetada por intrusões de rochas ígneas.

COMPLEXO PIRACAIA

O Complexo Piracaia foi definido por Campos Neto et al. (1983) no âmbito da folha homônima (1:50.000) para abrigar uma sequência de supracrustais (xistos e gnaisses bandados) além de ortognaisses, ocorrentes a norte-nordeste da zona de cisalhamento de Jundiuvira. Inclui-se nessa unidade o antigo Complexo Intermediário de Piracaia (CAVALCANTE E KAEFER, 1974) renomeado por aqueles autores como Suíte Intermediária de Piracaia.

No âmbito do trabalho da CPRM (1999) para as folhas São Paulo e Campinas (escala 1:250.000), o conceito do Complexo Piracaia foi estendido para oeste, abrigando todo o conjunto de gnaisses peraluminosos (com granada e sillimanita) da região de Jundiaí-Atibaia, as rochas quartzíticas da Serra do Japi e migmatitos diversos das regiões de Cabreúva e Indaiatuba. Ficou, então, balizado a sul pela Zona de Cisalhamento Itu-Jundiuvira e recoberto a oeste pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Nessa área, a litologia predominante está representada por gnaisses peraluminosos migmatizados, (muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos), com intercalações de granada-biotita gnaisses, gonditos, rochas calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos e xistos variados (sillimanita-biotita xistos e xistos básicos) além de corpos restritos de metatonalitos, metaquartzo dioritos e anfibolitos.

Ocorrem ainda (estaurolita+sillimanita+quartzo+granada) muscovita-biotita xistos alternados com lentes de quartzitos, metabásicas, metarenitos e calciossilicáticas; quartzitos puros e feldspáticos; migmatitos metatexíticos, diatexíticos, monzograníticos a granodioríticos e migmatitos estromáticos; (hornblenda)-biotita gnaisses bandados, tonalíticos, dioríticos e mais raramente anfibolíticos; granada-biotita-plagioclásio gnaisses, paragnaisses quartzosos, biotita quartzitos e ortognaisses de composição granítica a tonalítica.

O conjunto é intrudido por granitóides diversos. Admite-se que a atual configuração deu-se no Brasiliano, evento responsável pela última migmatização e deformação deste complexo, conforme idade Rb-Sr de 650 Ma obtida em migmatito próximo à cidade de Atibaia (TASSINARI, 1988). Por outro lado, Ebert et al. (1996) apresentam idade U-Pb preliminar de 1900 Ma obtida em migmatito peraluminoso da região de Atibaia, representando a idade da área fonte do sedimento.

As ocorrências das unidades litológicas do Complexo Piracaia identificadas na faixa de estudo da AID/ADA do futuro empreendimento, podem ser agrupadas em:

Unidade **NPpix**, onde predominam (±estaurolita±sillimanita±quartzo±granada) muscovita-biotita xistos alternados com lentes de quartzitos; localmente ocorrem anfibolitos, meta hornblenda gabros, metarenitos e calciossilicáticas. Identificada de forma restrita a sul-sudeste das cidades de Jundiaí e Várzea Paulista, imediações das estacas 16+8.500m a 17+2.600m, e em contato tectônico com litotipos milonitizados do Grupo São Roque na Zona de Cisalhamento de Jundiuvira.

Unidade **NPpiqb**, representada por quartzito feldspático, branco e fino, localmente com intercalações de calciossilicáticas, quartzitos conglomeráticos, metarenitos, gonditos e anfibolitos. É reconhecida a sudoeste de Jundiaí e a oeste do traçado do futuro empreendimento, entre as estacas 17+4.300m e 17+9.400m, aproximadamente, constituindo os terrenos da Serra do Japi.

Unidade (**NPpigp**), composta por gnaisses peraluminosos migmatizados, principalmente muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos, finos a médios. Intercalações de granada-biotita gnaisses, gonditos, calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos, micaxistos, sillimanita-biotita xistos e xistos básicos. É amplamente predominante sobre as demais na faixa da AID/ADA, sendo identificada desde os arredores de Jundiaí, próximo à estaca 17+2.600m, com exposições na Rodovia dos Bandeirantes e na região de Itupeva, até Campinas, nas imediações da estaca 20+4.600m.

A Unidade **NPpiog**, representada por (hornblenda)-biotita gnaisses bandados, tonalíticos, dioríticos e mais raramente anfibolíticos com intercalações de biotita-gnaisse granitóide e biotita-granada-sillimanita gnaisses xistosos, ocorre no município de Campinas no intervalo entre as estacas 20+4.600m e 21+1.500m, aproximadamente. Seu contato com a unidade **NPpigpa** é marcado por falhas de direção geral SW-NE.

A Unidade **NPpign**, composta por granada-biotita-plagioclásio gnaisses cinza com intercalações de (granada)-biotita gnaisse granítico, biotita gnaisses xistosos, anfibolitos e calciossilicáticas ocorre unicamente a nordeste do eixo do traçado da dutovia, no intervalo entre as estacas 20+3.600m e 20+6.300m, aproximadamente.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-18** a **10.1.1.3.2-21**, ilustrativas do Complexo Piracaia do Domínio Socorro-Guaxupé.



FOTO 10.1.1.3.2-18: Vista dos terrenos dos gnaisses (NPpigpa) (em primeiro plano) com a Serra do Japi ao fundo sustentada por quartzitos (NPpiqb). Rochas do Complexo Piracaia (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para noroeste, a partir da estaca 17+8.250m. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.1.3.2-19: Vista das colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para oeste, a partir da estaca 19+2.000m. Arredores da cidade de Jundiaí.



FOTO 10.1.1.3.2-20: Vista dos cortes efetuados na Rodovia dos Bandeirantes sobre colinas e morros baixos de topos convexos onde ocorrem gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Visada para sudeste, a partir da estaca 20+4.200m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.1.3.2-21: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé) no sopé da Serra do Japi. Arredores da estaca 17+6.600m. Município de Jundiaí.

ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Durante o magmatismo brasiliano diversos corpos granitóides instalaram-se no Domínio Socorro-Guaxupé, destacando-se os complexos granitóides Socorro, Morungaba, Itu, Atibaia e outros. Estudos detalhados (VLACH, 1985 e 1993; EBERT ET AL., 1996; ARTUR, 1988) levaram a classificar o magmatismo brasiliano desta região como cálcio-alcalino, evoluindo nas intrusões tardias para termos mais alcalinos (Granito Morungaba).

Na faixa da AID ocorrem os granitos equigranulares róseos, reconhecidos na porção setentrional do Domínio Socorro-Guaxupé, a sudoeste da cidade de Jundiaí, recobertos ao norte pelos quartzitos da Serra do Japi e orientados/milonitizados ao sul pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Encontram-se agrupados na Intrusão Terra Nova e são descritos pela CPRM (1999) como granitos equigranulares róseos, hololeucocráticos, médios a grossos, com presença subordinada de granitos equigranulares, cinza, médios a finos, maciços e granitos porfiróides, cinza, isótropos, leucocráticos, inequigranulares (Terra Nova, **NP3sγ3Atn**). Localizam-se a oeste do traçado do futuro empreendimento, entre as estacas 16+8.700m e 17+4.300m, aproximadamente.

Também é reconhecida na faixa da AID a extremidade nordeste do Complexo Granitóide Itu que, no geral, é constituído por quatro intrusões (PASCHOLATI, 1987), nas quais são reconhecidas cerca de duas dezenas de facies petrográficas (HACKSPACHER ET AL., 1988; GALEMBECK, 1991).

GALEMBECK (op cit.) apresenta um mapa detalhado desse complexo, com destaque para a intrusão Cabreúva, em grande parte localizada além dos limites da AID e da própria AII. As demais intrusões do Complexo Granitóide Itu são a Indaiatuba, situada na porção central do complexo, e a intrusão Itupeva, situada na porção norte do complexo, com uma área aproximada de 80 km^2 e em grande parte delimitada no interior da faixa da AII, entre as cidades de Itupeva e Indaiatuba, representada por granitos diversos predominando os equigranulares róseos e cinza, seguidos de granitos inequigranulares róseos e os de textura porfirítica e porfiróides, além de melagranitos (**NP3sγ3Ait**). Na AID, o Granito Itupeva está representado por um *stock* localizado nas imediações da estaca 20+4.160m aproximadamente, na cidade homônima, ocupando o limite sudoeste da faixa da ADA.

Subordinadamente, ocorrem granitos foliados acinzentados (**NP3sγ3Agc**) e róseos (**NP3sγ3Agr**) além de hornblenda/biotita ortognaisses (**NP3sγ3Aog**) na forma de três pequenos corpos com 1,0 a 2,5 km de diâmetro, nas proximidades das estacas 16+1.100m, 16+5.550m a 16+8.000m, e 18+3.600m.

De modo geral, as intrusões granitóides associados às rochas do Complexo Piracaia ocorrem principalmente na faixa da AID, e são muito restritas junto ao traçado da ADA.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-22**, ilustrativa das Rochas Ígneas Intrusivas presentes Domínio Socorro-Guaxupé na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-22: Vista para noroeste, a partir da Rodovia dos Bandeirantes, onde ocorre a Intrusão Terra Nova (NP3sγ3Atn), da unidade das Rochas Ígneas Intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé. Ao fundo, em cotas mais elevadas, quartzitos do Complexo Piracaia que sustentam a Serra do Japi. Arredores da estaca 17+2.500m. Município de Jundiaí.

Zonas de Cisalhamento

Do ponto de vista tectônico, os domínios São Roque e Embu estão inseridos na denominada Faixa Ribeira, considerada por Almeida et al. (1973) uma entidade geotectônica de idade brasiliana. A faixa apresenta forte estruturação para nordeste caracterizada por um arranjo anastomosado de zonas de cisalhamento direcionais dextrais transpressivas, denominada por Machado & Endo (1993) de Cinturão de Cisalhamento Atlântico. A esse cinturão pertencem as zonas de cisalhamento Vila Menk, Taxaquara, Caucaia do Alto e Cubatão.

A Zona de Cisalhamento Vila Menk compreende um conjunto de falhas transcorrentes que afeta as rochas do Granito Itaqui e, preferencialmente, suas encaixantes (Ferreira, 1991). Apresenta desde protomilonitos de rochas granitóides até filonitos do Grupo Serra do Itaberaba.

A Zona de Cisalhamento Taxaquara secciona os granitos Itaqui e Ibiúna e litotipos do Grupo Serra do Itaberaba e do Complexo Embu, e é parcialmente recoberta pelos aluviões da várzea do rio Tietê. Compreende desde protomilonitos até milonitos e ultramilonitos de rochas granitóides, supracrustais e sedimentares.

A Zona de Cisalhamento de Cubatão está associada a uma faixa de metassedimentos de baixo grau, que separam as rochas de alto e médio grau de metamorfismo dos complexos Embu e Costeiro.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-23**, ilustrativa de regiões afetadas pelas zonas de cisalhamento ao longo da Faixa da AID/ADA e reconhecidas nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé.



FOTO 10.1.1.3.2-23: Corte da Rodovia Piaçaguera-Guarujá na região da serra do Quilombo. Rochas gnáissicas (Complexo Costeiro) transpostas e milonitazadas segundo a Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço. Arredores da estaca 3+9.000m. Porção Continental do Município de Santos.

Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma grande área sedimentar com vulcanismo fissural associado que foi ativa entre o Siluriano e o Neocretáceo. Estabeleceu-se no final do Ordoviciano, provavelmente ainda sob influência do resfriamento do Ciclo Brasiliano. Teve seu apogeu como sinéclise no Carbonífero/Permiano, enquanto no Mesozóico sofreu acentuada subsidência sob o peso dos basaltos que sobre ela se alojaram (ALMEIDA ET AL., 1993).

Apresenta-se como uma homoclinal de cerca de um grau de inclinação, com caimento para oeste. O empilhamento se dá de leste para oeste, exceto na região de Rio Claro, onde o basculamento de blocos limitados por diversas falhas normais ascendeu a base local, favorecendo a exposição do Subgrupo Itararé.

No âmbito da AID/ADA, de acordo com as folhas São Paulo e Campinas (CPRM,1999), Bauru (DAEE-UNESP, 1984) e Ribeirão Preto (DAEE-UNESP, 1982), foram reconhecidos litotipos pertencentes ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), à Formação Aquidauana, e aos Grupos Guatá, Passa Dois e São Bento com suas respectivas formações Tatuí, Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí, Pirambóia, Rochas Intrusivas Tabulares, Serra Geral e Botucatu.

GRUPO TUBARÃO

SUBGRUPO ITARARÉ

O Subgrupo Itararé (**C2P1i**) ocorre, na AID/ADA, de forma contínua desde a região sudoeste de Campinas, na altura da estaca 21+1.500m, até a região sul de Iracemápolis/Limeira, na estaca 28km, se estendendo para oeste a partir daí até o extremo leste dos municípios de Piracicaba e Rio das Pedras e para leste até Cosmópolis, aproximadamente no intervalo das estacas 56+2.500m a 60+4.400m.

Repousa sobre o embasamento cristalino, onde ocorrem superfícies de erosão causadas pela movimentação de geleiras e que apresentam feições típicas, como pavimento estriado e *roche moutonnée* (GUTMANS, 1946; ALMEIDA, 1948; AMARAL, 1965), além de vales glaciais descritos nas regiões de Jundiaí (MARTIN ET AL., 1959), nas proximidades da margem esquerda do rio Jundiaí-Mirim, e de Campinas (MELFI E BITTENCOURT, 1962).

Devido à diversidade de ambientes presentes à época da deposição, existe enorme e complexa variedade de tipos litológicos que passam uns aos outros lateral ou verticalmente, gradual ou bruscamente, havendo escassez de horizontes-chave bem definidos e de grande extensão regional, pelo que as divisões e correlações propostas para o Subgrupo Itararé não têm sido consensuais (SOUZA FILHO, 1986).

Os tipos litológicos predominantes são arenitos, diamictitos, conglomerados, siltitos, argilitos e folhelhos. Ritmitos, calcários em parte silicificados, e delgadas camadas de carvão, raras e pouco expressivas em São Paulo, constituem ocorrências mais restritas. Os arenitos passam a siltitos, diamictitos ou lamitos, lateral ou verticalmente, e são atribuídos aos mais diversos ambientes de sedimentação. Diamictitos são frequentes, de várias origens, relacionados à ambiente glacial, apresentando feições do tipo deslizamentos e ressedimentação, escoamento laminar, ablação por liquefação do gelo, etc.

Conglomerados com seixos e blocos de várias formas, dimensões e composições não são raros na região. Lamitos associados a siltitos finos e resultantes da decantação de lama em bacias de águas paradas são relativamente comuns no grupo. Ritmitos apresentam-se como finas camadas de lamitos cinza-escuros, alternados com siltitos claros; são glácio-marinhos ou glácio-lacustres, estes podendo constituir verdadeiros varvitos. Não é raro apresentarem seixos pingados, bem como icnofósseis (FERNANDES ET AL., 1987).

Há no Subgrupo Itararé em São Paulo, como de resto em toda a Bacia do Paraná, abundância de restos e impressões de plantas, peixes, moluscos, crustáceos, braquiópodes, etc.

De interesse para a avaliação da Área de Influência Indireta são reconhecidas seis litofácies do Subgrupo Itararé (**C2P1i**), quais sejam:

A unidade **C2P1ia** é constituída por arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e, ocasionalmente, níveis de carvão; a unidade **C2P1ib** se encontra representada por arenitos médios a grossos, arcoseanos a subarcoseanos, com granodecrescência, laminações cruzada e plano-paralela; a unidade **C2P1ic** é composta por arenitos finos laminados com abundantes laminações cruzadas e convolutas; a unidade **C2P1id** possui ritmitos e arenitos laminados argilo-siltosos, com laminações plano-paralelas e marcas onduladas; a unidade **C2P1ie** compreende lamitos maciços e laminados com seixos e intraclastos de arenito, siltito e argilito ocasionalmente facetados e/ou com estrias; e a unidade **C2P1if**,com lamitos com grânulos,seixos e blocos, além de arenitos, em camadas lenticulares, e siltitos, em camadas tabulares.

A unidade **C2P1ia** predomina amplamente sobre as demais, estando representada desde a estaca 24km até a estaca 28km no trecho norte-sul da dutovia, e desde a estaca 56+2.500m até a 60+2.500m no trecho leste-oeste. A sudeste das estacas 24km e 60+2.500m, nos dois trechos, estão presentes as demais unidades do Subgrupo Itararé.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-24** a **10.1.1.3.2-27**, ilustrativas do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) da Bacia do Paraná reconhecido na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-24: Detalhe dos arenitos finos e siltitos da unidade C2P1ia pertencente ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) expostos em corte da Rodovia dos Bandeirantes. Arredores da estaca 21+2.300m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.1.3.2-25: Detalhe dos ritmitos intercalando lamitos, arenitos e siltitos da unidade C2P1if individualizada no Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Região do entroncamento da Nova Bandeirantes com a antiga Rodovia dos Bandeirantes. Arredores da estaca 22+1.100m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.1.3.2-26: Vista geral de uma das regiões onde ocorre a unidade C2P1ia do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Nesta região, a unidade C2P1ia encontra-se em transição e ocorre interdigitada com a Formação Aquidauana (C2P1a) do Grupo Tubarão. Arredores da estaca 27+3.300m. Município de Limeira.



FOTO 10.1.1.3.2-27: Detalhe da exposição da unidade C2P1ia do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Corte de rodovia onde são identificados arenitos na base intercalados com siltitos no topo da sequência. Arredores da estaca 56+5.500m. Região de Santa Bárbara d'Oeste e Rio das Pedras.

FORMAÇÃO AQUIDAUANA

A Formação Aquidauana (**C2P1a**) ocorre interdigitada com o litotipo **C2P1ia** do Subgrupo Itararé, na região da AID/ADA que compreende a porção sudoeste de Limeira e sudeste de Iracemápolis, aproximadamente entre as estacas 26km e 28km, no trecho norte-sul da dutovia, bem como entre os terminais Santa Bárbara e Paulínia.

Atualmente, a Formação Aquidauana é tida como porção marginal do Subgrupo Itararé. As duas unidades seriam temporalmente equivalentes e indicariam a invasão de um mar epicontinental pelo sul que cobriu, na época de sua sedimentação, a porção meridional da bacia (ZALÁN ET AL., 1990).

Em São Paulo, a Formação Aquidauana é representada predominantemente por arenitos e siltitos, de coloração avermelhada. Também podem ocorrer folhelhos, conglomerados, diamictitos e ritmitos. Os arenitos finos e ritmitos ocorrem na forma de corpos tabulares ou alongados, com intercalações de lentes de arenitos impuros, lentes conglomeráticas ou seixosas. Os siltitos avermelhados, bem como os folhelhos vermelhos ou esverdeados apresentam acamamento com estratificações plano-paralelas. Os arenitos podem ocorrer tanto com estrutura maciça quanto estratificada (plano-paralela ou cruzada; já os diamictitos formam corpos descontínuos alongados, relativamente espessos, que eventualmente podem apresentar abrasão glacial, constituindo tilitos.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-28**, referente à região onde ocorrem as rochas sedimentares da Formação Aquidauana (Grupo Tubarão) – Bacia do Paraná, presentes na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-28: Vista de exposição de solo derivado de rochas sedimentares associadas à unidade C2P1ia do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) interdigitada com a Formação Aquidauana (C2P1a) do mesmo Grupo. Arredores da estaca 59+2.300m. Região dos municípios de Cosmópolis e Paulínia.

GRUPO GUATÁ

FORMAÇÃO TATUÍ

A Formação Tatuí (**P1tt**) ocorre, na AID/ADA, nos municípios de Limeira e Iracemápolis, a partir da estaca 28km até a 28+4.980m, e também na porção nordeste de Rio das Pedras, no intervalo entre as estacas 54+8.300m e 56km.

É predominantemente composta por siltitos, com ocorrências subordinadas de arenitos, calcários, folhelhos e sílex, de cores marrom-arroxeada, esverdeada, acinzentada ou amarelada. Em geral, a Formação Tatuí apresenta sedimentação de caráter uniforme, contrastando com as heterogeneidades características do Subgrupo Itararé. Suas maiores espessuras, da ordem de 130 metros, encontram-se a sul do Estado de São Paulo, diminuindo para norte e nordeste.

Ocorrem discordâncias erosivas no contato basal com o Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana, enquanto que o seu contato superior com o Membro Taquaral da Formação Irati se dá através de superfície erosiva.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-29** e **10.1.1.3.2-30**, ilustrativas da Formação Tatuí (Grupo Guatá) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-29: Vista de corte superficial efetuado em estrada de terra interna nas plantações de cana, com exposição de solo derivado de rochas sedimentares finas (siltitos e arenitos finos) da Formação Tatuí (P1tt) do Grupo Guatá. Arredores da estaca 55+8.100m. Município de Rio das Pedras.



FOTO 10.1.1.3.2-30: Detalhe da exposição de siltitos e arenitos finos alterados amarelos e vermelhos da Formação Tatuí (P1tt) – Grupo Guatá. Arredores da estaca 28+3.000m, na região do entroncamento das rodovias dos Bandeirantes e Deputado Laércio Corte. Município de Limeira.

GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois marca o início do assoreamento final da Bacia do Paraná, que transformou os mares interiores em planícies cada vez mais continentais que culminaram com a deposição eminentemente terrestre do final do Paleozóico e do Mesozóico.

FORMAÇÃO IRATI

A Formação Irati (**P2i**) tem ocorrência muito restrita na AID/ADA, nas imediações da estaca 28+5.000m, no extremo nordeste de Iracemápolis e leste de Limeira, bem como no limite leste da faixa da AID/ADA no intervalo entre as estacas 31+2.900m e 31+4.700m, município de Araras. É observada, ainda, de maneira descontínua, desde a altura da estaca 53+2.300m até a 55+1.380m, principalmente a sul do traçado do empreendimento, nos municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

Representa a unidade litoestratigráfica basal do Grupo Passa Dois. Aflora em faixas contínuas, interrompidas unicamente em zonas de falhamentos e intrusões de grandes *sills* de diabásio, que se estreitam no nordeste do Estado de São Paulo.

É composta por folhelhos pirobetuminosos, folhelhos pretos não betuminosos, dolomitos cinzentos e alternados com folhelhos escuros, por vezes contendo nódulos, calcários com variadas intensidades de dolomitização, siltitos, folhelhos e arenitos finos acinzentados, portadores de répteis mesossaurídeos (SCHNEIDER ET AL., 1974). Na base da formação eventualmente podem ocorrer arenitos finos a grossos, conglomeráticos, além de camadas de conglomerados.

Barbosa e Gomes (1958) subdividiram a Formação Irati em dois Membros: Taquaral e Assistência, sendo que a passagem entre eles ocorre de forma gradual. O Membro Taquaral é composto predominantemente por pelitos, sendo argilitos, folhelhos acinzentados e siltitos, maciços ou com laminação plano-paralela, formando camadas tabulares.

Em São Paulo, sua base pode conter camadas delgadas de arenito fino a grosso, seixoso, ou conglomerado com seixos de sílex e quartzo, além de dentes e fragmentos de escamas de peixe e restos de crustáceos (WASHBURNE, 1930; ALMEIDA E BARBOSA, 1953; MEZZALIRA, 1957; BARBOSA E GOMES, 1958; ANDRADE E SOARES, 1971).

O Membro Assistência é marcado por variação litológica mais evidenciada, ocorrendo dolomitos e calcários parcialmente dolomitizados e folhelhos pirobetuminosos e piritosos. Neste membro ocorre estratificação plano-paralela, muito regular e por vezes rítmica, alternando carbonatos e folhelhos. Nos níveis de dolomitos e calcários é possível identificar marcas de ondas simétricas e assimétricas, laminações cruzadas cavalgantes, estratificações cruzadas *hummocky,* estruturas convolutas, oólitos, laminação algálica, brecha intraformacional local e dobramentos penecontemporâneos devidos a deslizamentos.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-31**, que ilustra os terrenos onde ocorrem as rochas da Formação Irati (Grupo Passa Dois) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-31: Vista da exposição superficial de solo argiloso vermelho-escuro na estrada de terra interna do canavial. Solo derivado de rochas sedimentares finas (folhelhos e siltitos predominantes) da Formação Irati (P2i) do Grupo Passa Dois. Arredores da estaca 55+1.000m. Município de Rio das Pedras.

FORMAÇÃO TERESINA

A Formação Teresina (**P3t**) ocorre na porção sudoeste de Piracicaba, entre as estacas 50+9.200m e 53+2.900m, onde ocupa os vales das drenagens. Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:750.000, ocupa também uma grande extensão nas imediações do perímetro urbano de Anhembi, na margem do Reservatório de Barra Bonita, previamente atribuída à Formação Corumbataí (DAEE-UNESP, 1984), desde a altura da estaca 47+2.500m até a estaca 49+6.5500m.

Consiste da alternância de lâminas, camadas delgadas e bancos de folhelhos, argilitos, siltitos e, de forma restrita, arenitos finos. Podem ocorrer camadas de calcário, sílex e níveis de coquinas silicificadas. As estruturas primárias são representadas por marcas de onda, fraturas de ressecamento, estruturas tipo *flaser*, oolíticas nos calcários, que também podem apresentar marcas onduladas e fendas de ressecamento. No Estado de São Paulo, a espessura das camadas dessa formação não ultrapassa 200 metros (VIEIRA, 1973; SOARES ET AL., 1979).

A sedimentação distribui-se em ciclos granocrescentes (parassequências) que iniciam com pelitos maciços ou laminados, passando, no sentido ascendente, para siltitos com acamamento *wavy* e *linsen*. Na porção superior da unidade, as parassequências podem terminar ou ser inteiramente constituídas por arenitos com estratificação cruzada *hummocky*, acamamento *flaser* e *drape*, marcas onduladas simétricas e laminação cruzada cavalgante (CPRM, 2006).

Na base da presente formação é possível notar a passagem gradual, ocasionalmente interdigitada, para a Formação Serra Alta.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-32**, que ilustra os terrenos onde ocorrem as rochas da da Formação Teresina (Grupo Passa Dois) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-32: Vista geral dos terrenos com morfologia suave e contendo vales encaixados onde ocorrem camadas delgadas e bancos de folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos da Formação Teresina (P3t) – Grupo Passa Dois. Na meia encosta e no topo das colinas ocorrem rochas arenosas finas da Formação Pirambóia (P3T1p). Arredores da estaca 48+9.800m. Município de Anhembi.

FORMAÇÃO CORUMBATAÍ

Na AID/ADA do futuro empreendimento, a Formação Corumbataí (**P3T1c**) tem distribuição contínua desde a estaca 28+8.100m até a 33+2.700m, abrangendo o norte dos municípios de Iracemápolis e Limeira, além de Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Araras, Rio Claro, Leme e Corumbataí, no trecho noroeste-sudeste do traçado. Ocorre, também, em Saltinho e Rio das Pedras, no intervalo entre as estacas 53+2.900m e 55km, no trecho leste-oeste do empreendimento.

Apresenta, em sua porção inferior, siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo-acinzentados, eventualmente contendo cimentação calcária. Na sequência, ocorre uma sucessão de camadas sílticas que apresentam alternância rítmica com lâminas ou delgadas camadas ora de composição argílica, ora arenítica fina, sendo que esta variação ocorre tanto vertical quanto horizontalmente. Nas partes médias e superiores da formação, ocorrem lentes e bancos calcários com espessura média em torno de meio metro.

Estas litologias podem apresentar-se ricas em conchas de pelecípodes, oólitos, estromatólitos e não raramente encontram-se silicificadas. As estruturas presentes incluem estratificação plano-paralela, cruzada de baixo ângulo, *flaser*, estratificação rítmica, marcas onduladas, fraturas de ressecamento, e brechas intraformacionais.

A Formação Corumbataí possui contato discordante erosivo com a Formação Pirambóia, e contato basal concordante com a Formação Irati, sendo que nas zonas onde a presente formação está em contato com o Subgrupo Tubarão, ocorre um contato discordante erosivo que separa as zonas conglomeráticas, ricas em sílex e com espessura ao redor de 1,30m (LANDIM, 1970).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-33** a **10.1.1.3.2-36**, ilustrativas da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-33: Detalhe de corte de morro baixo com exposição de rochas alteradas roxo-avermelhadas com predomínio de siltitos intercalados com arenitos finos da Formação Corumbataí (P3T1c) – Grupo Passa Dois. Altura da estaca 29, além dos limites da AID (Rodovia dos Bandeirantes). Região dos municípios de Iracemápolis e Limeira.



FOTO 10.1.1.3.2-34: Detalhe da exposição de siltitos alterados roxo-claro avermelhados, pertencentes à Formação Corumbataí (P3T1c). Processo de empastilhamento com desplacamento e fragmentação das camadas de rocha mais alteradas. Altura da estaca 29, além dos limites da AID (Rodovia dos Bandeirantes). Região dos municípios de Iracemápolis e Limeira.



FOTO 10.1.1.3.2-35: Detalhe da exposição de siltitos pouco alterados amarelo-ocre na base e de arenitos róseo-claro acinzentados com estratificação plano-paralela, *climbing-ripples* e dobras convolutas nas porções intermediária e superior da sequência. Formação Corumbataí (P3T1c) – Grupo Passa Dois. Arredores da estaca 32. Município de Araras.



FOTO 10.1.1.3.2-36: Detalhe do solo argiloso vermelho-escuro exposto em meio à preparação da terra para o plantio de cana-de-açucar. Solos superficiais característicos derivados das rochas sedimentares finas (siltitos e arenitos finos argilosos) da Formação Corumbataí (P3T1c) – Grupo Passa Dois. Arredores da estaca 54+4.000m. Município de Rio das Pedras.

GRUPO SÃO BENTO

FORMAÇÃO PIRAMBÓIA

A Formação Pirambóia (**P3T1p**) está presente desde o terminal Botucatu até a fronteira entre Piracicaba e Saltinho, localizada na altura da estaca 53+2.900m, bem como desde Corumbataí até o rio Mogi-Guaçu, na porção norte de Descalvado, aflorando de forma menos expressiva ao longo da várzea do ribeirão da Figueira, municípios de São Simão e Cravinhos, região das estacas 32+6.200m até 39+6.700m.

Representa a retomada das condições de sedimentação em ambiente continental, sendo constituída por arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas de médio e grande porte, típicos de ambientes fluviais, lagunares e eólicos.

A Formação Pirambóia apresenta discordância angular muito sutil em sua base, no contato com camadas paleozóicas ou pré-cambrianas, sendo que a superfície de erosão basal apresenta boa regularidade.

A Formação Pirambóia é caracterizada por uma sucessão de camadas areníticas comumente vermelhas, sendo que os arenitos geralmente possuem granulometria média a fina, contendo fração argilosa mais significativa na parte inferior da formação, onde eventualmente ocorrem arenitos grossos, conglomeráticos. A estratificação plano-paralela é predominante, uma vez que a formação alterna lâminas ora com predominância de silte, ora com predominância de argila. Também pode ocorrer estratificação cruzada de médio a grande porte, tangencial na base, além de marcas de onda ou corrente. Fúlfaro et. al. (1980) divide as fácies da Formação Pirambóia em fácies de canal e transbordamento.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-37** a **10.1.1.3.2-42**, ilustrativas da Formação Pirambóia (Grupo São Bento) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-37: Aflramento em estrada de terra de arenitos finos com estratificação plano-paralela, cinza-claro esbranquiçados a amarelados, pertencentes à Formação Pirambóia (P3T1p) – Grupo São Bento. Arredores da estaca 34+5.500m. Município de Santa Cruz da Conceição.



FOTO 10.1.1.3.2-38: Detalhe em corte de colina com exposição de solo superficial arenoso marrom-claro avermelhado derivado da alteração de arenitos finos da Formação Pirambóia (P3T1p) – Grupo São Bento. Arredores da estaca 35+850m. Região dos municípios de Santa Cruz da Conceição e Pirassununga.



FOTO 10.1.1.3.2-39: Vista da exposição superficial de solo arenoso roxo-claro avermelhado a vermelho-claro em estrada de terra interna de canavial. Solo derivado de arenitos finos da Formação Pirambóia (P3T1p) – Grupo São Bento. Arredores da estaca 38+3.800m. Município de Descalvado.



FOTO 10.1.1.3.2-40: Detalhe em corte superficial com exposição de solo homogêneo areno-argiloso vermelho na região do futuro terminal Serrana. Solo derivado de arenitos finos da Formação Pirambóia (P3T1p). Estaca 49+9.075m. Região limítrofe entre os municípios de Serrana e Cravinhos.



FOTO 10.1.1.3.2-41: Exposição típica de solo arenoso amarelo-claro esbranquiçado a marrom-claro amarelado expostos em cortes laterais de caminhos de terra existentes no interior de amplas plantações de cana-de-açucar. Solo derivado de arenitos finos da Formação Pirambóia (P3T1p). Arredores da estaca 51+8.050m. Município de Piracicaba.



FOTO 10.1.1.3.2-42: Detalhe de uma exposição de solo arenoso marrom-calro acinzentado maciço e homogêneo, derivado de arenitos finos da Formação Pirambóia (P3T1p). Arredores da estaca 47+4.400m. Município de Anhembi.

FORMAÇÃO BOTUCATU

Na AID-ADA, a Formação Botucatu (**J3K1bt**) ocorre principalmente a norte do rio Mogi-Guaçu e a oeste do ribeirão do Pântano, a norte da estaca 35+6.000m, abrangendo áreas dos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Cravinhos.

A Formação Botucatu tem seu contato basal com a Formação Pirambóia através de uma discordância regional, caracterizada pela mudança brusca de coloração e características dos arenitos, sobretudo com relação à dimensão dos estratos cruzados. O contato superior, com a Formação Serra Geral, é concordante e marcado pelo primeiro derrame vulcânico, com ocorrência de camadas do topo da Formação Botucatu interdigitadas nos basaltos da Formação Serra Geral (ZALÁN ET AL., 1987; ASSINE ET AL., 1994).

Em geral, a Formação Botucatu é composta por arenitos finos a médios, homogêneos, bem selecionados e com alta esfericidade, de coloração avermelhada, com estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte, características de dunas móveis. Nas partes baixas do pacote ocorrem arenitos de origem subaquosa, compostos por lentes de arenitos médios a grossos, heterogêneos, que gradam para arenitos conglomeráticos, onde os seixos são compostos de quartzo e quartzito. Estes sedimentos de fácies torrenciais podem representar eventos episódicos de invasão da área de dunas por torrentes (ALMEIDA, 1953; SOUZA ET AL., 1971).

Também ocorrem sedimentos lacustres entre as camadas areníticas eólicas, sendo estes idênticos aos que ocorrem na Formação Pirambóia, são compostos por argilitos e siltitos arenosos com perfeita estratificação plano-paralela, intercalados em arenitos aquosos.

O conteúdo fossilífero da Formação Botucatu não apresenta considerada relevância, ocorrem apenas crustáceos, pistas de vermes e pegadas de vertebrados. A idade mais provável para a Formação Botucatu está entre o Jurássico Médio-Superior e o Cretáceo Inferior pré-Aptiano.

A presente formação representa diversos subambientes de um grande deserto climático de aridez crescente, sendo que sua existência foi prolongada até o momento das erupções basálticas. O empilhamento de dunas eólicas caracteriza a formação. Além disso, desenvolviam-se processos torrenciais nas zonas de acumulação eólica, zonas em que os depósitos eram também submetidos a eventos abrasivos e deflacionais. Nas planícies existiam pequenas e raras lagoas com sedimentação clástica fina. Foram nestas condições desérticas que tiveram início as erupções basálticas. Em São Paulo, os ventos que moviam as dunas sopravam nas direções N a NNE (ALMEIDA, 1953b; BIGARELLA E SALAMUNI, 1961).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-43 a 10.1.1.3.2-45**, ilustrativas da Formação Botucatu (Grupo São Bento) da Bacia do Paraná reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-43: Vista geral de uma escarpa conformada em arenitos estratificados da Formação Botucatu (J3K1bt) – Grupo São Bento. Os arenitos se encontram em grande parte recobertos por derrames basálticos da Formação Serra Geral (K1βsg). Arredores da estaca 35+6.250m. Região limítrofe dos municípios de Pirassununga e Descalvado.



FOTO 10.1.1.3.2-44: Detalhe de uma exposição de arenitos médios acamadados com estratificação plano-paralela, e que constituem parte da Formação Botucatu (J3K1bt) do Grupo São Bento. Arredores da estaca 44+8.700m. Município de Cravinhos.



FOTO 10.1.1.3.2-45: Exposição típica de solo arenoso pouco argiloso vermelho homogêneo e maciço que ocorre em meio ao caminho de terra existente no interior de amplas plantações de cana-de-açucar canavial. Solo derivado de arenitos finos e médios estratificados da Formação Botucatu (J3K1bt) – Grupo São Bento. Arredores da estaca 41+6.650m. Município de Luiz Antônio, próximo à divisa com o município de São Simão.

ROCHAS INTRUSIVAS TABULARES

A unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (**K1δsg**), de idade Mesozóica, encontra-se representada na AID/ADA por corpos circunformes ou tabulares (diques e *sills*) de natureza básica a intermediária intrudidos principalmente na Formação Irati e no Subgrupo Itararé. Estão relacionados ao evento de abertura do Atlântico Sul. Suas espessuras variam entre 2 e 200 metros, mas podem atingir até 1.000 metros.

Na AID/ADA do futuro empreendimento ocorrem disseminados e de forma descontínua no intervalo entre o terminal Santa Bárbara e a estaca 31+8.000m, trecho norte-sul, e a partir da estaca 54+1.300m até o terminal Paulínia, no trecho leste-oeste, na mesma área de ocorrência do Subgrupo Itararé e da Formação Corumbataí, principalmente, e abrangendo parte dos municípios de Limeira, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Araras, Rio das Pedras, Santa Bárbara d'Oeste, Cosmópolis e Paulínia.

As litologias associadas em geral compreendem diques e soleiras de natureza básica representados principalmente por diques de diabásio, ou ainda, por *sills* de dioritos e midrodioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos (ALMEIDA, 1986; MELFI ET AL., 1988; MARQUES E ERNESTO, 2004).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-46** ilustrativa da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento) – Bacia do Paraná, que ocorre na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-46: Detalhe de uma pedreira em atividade instalada nas proximidades do futuro terminal Santa Bárbara. Exposição de diabásios da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. Á direita da cava, ocorrência de disjunções colunares indicando que a intrusão do corpo se deu a pouca profundidade. Arredores da estaca 57+5.300m. Município de Santa Bárbara d'Oeste.

FORMAÇÃO SERRA GERAL

A Formação Serra Geral (**K1βsg**) é resultado de intenso magmatismo fissural, representado na forma de uma espessa cobertura de lavas, com cerca de 1.500 metros de espessura no depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras intrudidos na pilha sedimentar.

Os derrames ocorrem assentados sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu, ou ainda intercalados com os mesmos, e apresentam inclinações de até 5º no sentido do centro da bacia.

A Formação Serra Geral compreende basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos tholeiíticos que perfazem 90% em volume das rochas extrusivas. Subordinadamente, ocorrem andesitos tholeiíticos, riodacitos e riolitos (PICCIRILLO E MELFI, 1988; PEATE ET AL., 1992, MARQUES E ERNESTO, 2004).

Dados geocronológicos e paleomagnéticos indicam que a atividade magmática ocorreu por volta de 133 e 32 Ma (RENNE ET AL., 1992; ERNESTO ET AL., 1999).

No âmbito da AID/ADA, os basaltos da Formação Serra Geral são identificados nos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana, desde a estaca 35+6.000m até o terminal Serrana, preferencialmente associados aos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-47 a 10.1.1.3.2-49** ilustrativas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) – Bacia do Paraná, com suas rochas basálticas reconhecidas na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.1.3.2-47: Detalhe da ocorrência de blocos de basalto cinza-escura com textura fina e diversas fraturas conchoidais. Formação Serra Geral (K1βsg). Blocos observados em uma drenagem lateral um pouco afastada da exposição principal que sustenta o relevo topograficamente ressaltado. Arredores da estaca 35+9.600m. Região limítrofe entre os municípios de Santa Cruz da Conceição e Pirassununga.



FOTO 10.1.1.3.2-48: Vista geral da exposição do maciço rochoso basáltico ocorrente em drenagem secundária, instalada na base de morro isolado com encosta íngreme, onde afloram basaltos da Formação Serra Geral (K1βsg). Arredores da estaca 45+3.100m. Limite dos municípios de Cravinhos e Serrana.



FOTO 10.1.1.3.2-49: Exposição típica dos solos argilosos vermelho-escuros a marrom-averemlhados escuros homogêneos, derivados da alteração de basalto da Formação Serra Geral (K1βsg), que são identificados no local como blocos ocre-amarelados (pouco alterados) e cinza-escuros (sãos) com microfraturas oxidadas. Arredores da estaca 45+2.300m. Município de Cravinhos.

Coberturas Cenozóicas

As coberturas cenozóicas se encontram subdivididas, na faixa da AID/ADA, em coberturas cenozóicas indiferenciadas e aluviões recentes e atuais. Também incluem os sedimentos da Planície Costeira e da Bacia de São Paulo, discutidos anteriormente.

COBERTURAS CENOZÓICAS INDIFERENCIADAS

Ocorrem na forma de manchas sobre os gnaisses do Complexo Piracaia, as rochas do Subgrupo Itararé, e as Rochas Intrusivas Tabulares, predominantemente, desde Jundiaí até Santa Bárbara d'Oeste no trecho norte-sul, e desde Rio das Pedras até Paulínia no trecho leste-oeste, entre as estacas 17+2.200m a 26+8.500m e 55+2.600m ao terminal Paulínia, respectivamente.

De modo geral, são representadas por rochas argílicas, siltosas e, mais raramente, por níveis de cascalhos e conglomerados (**Qce**). Fúlfaro e Suguio (1968) consideram estes depósitos como de origem fluvial. Podem constituir depósitos colúvio-eluvionares, fluviais de encosta e flúvio-lagunares relacionados a meandros abandonados e às planícies de inundação.

Ressalta-se que o agrupamento das coberturas cenozóicas como indiferenciadas deu-se devido às discrepâncias das propostas de classificação e à inexistência de dados conclusivos em relação à idade precisa destes depósitos.

Os coluviões também podem estar presentes como manchas irregulares e descontínuas em toda a AID/ADA, ocupando os morros morros desde baixos até altos, até a meia-encosta e desaparecendo junto aos talvegues, sendo reconhecidos capeando os solos derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro, Embu e São Roque. Recobrem as rochas pré-cambrianas na forma de corpos delgados com espessura em geral inferior a 1,5m, constituídos pelos solos coluviais areno-silto-argilosos a silto-argilosos.

Esses corpos sustentam a vegetação das encostas. Em virtude da escala do mapa, os corpos de coluviões não se encontram cartografados.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-50** e **10.1.1.3.2-51**, ilustrativas das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas identificadas na faixa da AID/ADA, e que recobrem – preferencialmente – os gnaisses do Domínio Socorro-Guaxupé e as rochas sedimentares dos Grupos Tubarão e Passa Dois e a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares.



FOTO 10.1.1.3.2-50: Detalhe em corte de colina com exposição das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce) depositados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia Santos Dumont, nas proximidades da Rodovia dos Bandeirantes. Região da estaca 20. Município de Campinas.



FOTO 10.1.1.3.2-51: Detalhe de corte de estrada vicinal instalada em colina na região do Distrito Industrial de Paulínia. Exposição de sedimentos areno-argilosos associados às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce). Podem conter níveis de areia grossa e de conglomerado. Na região, ocorrem recobrindo parcialmente o Subgrupo Itararé. Arredores da estaca 61+3.200m. Município de Paulínia.

ALUVIÕES RECENTES E ATUAIS

Os aluviões **Q2a** recentes e atuais são reconhecidos na faixa da AID/ADA ao longo de todo o traçado do empreendimento. Associam-se aos depósitos de várzea dos rios Tietê, Embu-Mirim, Juqueri, Jundiaí e Capivari, e do córrego Carapicuíba, dos rios Juqueri, Jundiaí e Capivari e afluentes maiores deste último, assim como de alguns dos tributários das bacias de drenagem dos rios Piracicaba, Jaguari, Mogi-Guaçu e Pardo e dos reservatórios Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras. Podem, ainda, associar-se às margens dos principais ribeirões, como o dos Cristais, o dos Toledos, o do Pântano e o da Figueira, os córregos da Estiva e Anhamas.

No caso específico do Domínio Costeiro e da Planície Costeira, os aluviões ocorrem como depósitos de areias grossas e cascalhos associados às maiores drenagens, encaixados na Serra do Mar e no alto estuário da Planície Costeira.

Os principais depósitos encontram-se nos rios Cubatão, Perequê, Moji, da Onça, Quilombo, Jurubatuba e Diana, porém, na maioria dos casos, a montante, além dos limites da faixa da AID/ADA. No vale do rio Cubatão ocorrem sedimentos grossos com seixos centimétricos a matacões de até 2m de diâmetro entremeados por areias grossas (Suguio, 1999), sendo reconhecidos na AID nas proximidades do cruzamento com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá.

As principais ocorrências encontram-se delimitadas entre as estacas 5+2.500m e 5+4.000m, 6 e 6+900m, 7+2.000m e 7+4.000m, 8+2.000m e 9+4.500m, 9+8.000m e 10m, 10+2.000m e 11+5.100m, 11+9.000m e 13+3.700m, 14+4.000m e 14+5.300m, 14+9.300m e 15+800m, 15+7.800m e 16+2.300m (imediações do terminal RMSP (Caieiras)), 16+7.100m e 16+8.600m, 17+8.900m e 18, 18+1.100m e 19+900m, 19+4.900m e 19+6.400m, 20m e 20+4.000m, e na altura da estaca 21+6.200m.

A norte do terminal Santa Bárbara, as planícies fluviais são frequentes mas pouco expressivas em área, à exceção daquelas presentes nas estacas 30+1.130m a 39+3.000m, 39+6.600m a 39+7.260m, 42+5.200m a 42+9.000m e 44+6.150m ao terminal Serrana.

Os aluviões incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços. Podem ser reconhecidos como depósitos associados aos terraços aluviais mais antigos, observados em cotas relativamente mais elevadas, enquanto que os depósitos aluviais recentes se relacionam ao assoreamento dos canais atuais e às planícies fluviais, a partir do transbordamento dos canais nos períodos mais chuvosos.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-52** a **10.1.1.3.2-57** ilustrativas de algumas das unidades dos Aluviões Recentes a Atuais.



FOTO 10.1.1.3.2-52: Vista geral para oeste da várzea do rio Cubatão na Planície Litorânea, exibindo topografia encaixada e ocupada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos preferencialmente por areias grossas e cascalhos inconsolidados. Região da estaca 4+2.400m, no cruzamento do rio com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá.



FOTO 10.1.1.3.2-53: Vista geral para noroeste da várzea do rio Embu-mirim, exibindo topografia aplainada conformada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos por areias, argilas e cascalhos inconsolidados. Região da estaca 11+1.400m, no traçado do Trecho Sul do Rodoanel, onde deverá ser implantada a reserva Parque Embu sobre a área de várzea.



FOTO 10.1.1.3.2-54: Vista da várzea do rio Jundiaí na região do cruzamento com a Rodovia dos Bandeirantes. Terrenos típicos aplainados onde ocorrem os depósitos aluviais Q2a. Região da estaca 18+5.800m. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.1.3.2-55 Vista dos terrenos aplainados que constituem parte da várzea do rio Mogi-guaçu, onde ocorrem os depósitos aluviais Q2a. Além dos limites da faixa da AID/ADA, na altura da estaca 39+5.250m. Limite dos municípios de Descalvado e Santa Rita do Passa Quatro.



FOTO 10.1.1.3.2-56: Vista geral para sudeste da várzea do ribeirão Tamanduá, afluente do rio Pardo. Topografia aplainada conformada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos por areias, argilas e cascalhos inconsolidados. Arredores da estaca 45. Município de Cravinhos.



FOTO 10.1.1.3.2-57: Vista para sudoeste dos terrenos planos que conformam a várzea onde ocorrem depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos por areias, argilas e cascalhos inconsolidados. Ribeirão dos Remédios. Arredores da estaca 46+1.300m. Município de Anhembi.

10.1.1.3.3 Conclusões sobre a Geologia da Faixa AID/ADA

Devido a pouca profundidade das obras de escavação – em média com menos de 2,0m de profundidade – os terrenos a serem transpostos pela futura dutovia serão preferencialmente escavados através de um horizonte superficial e raso de solos residuais, sendo os mesmos evoluídos a partir da alteração dos mais diversos litotipos geológicos. Desta forma, e considerando as grandes extensões dos segmentos norte-sul e leste-oeste do futuro empreendimento, diversas unidades da Geologia do Estado de São Paulo e seus solos residuais derivados são reconhecidos ao longo dos traçados.

Os solos residuais derivados destas rochas em geral conformam um espesso manto de intemperismo associado à evolução pedogenética das rochas pré-cambrianas – sedimentares, ígneas e metamórficas – e, eventualmente, dos sedimentos terciários, e foram desenvolvidos em função do clima atuante na região da implantação durante o transcorrer do período quaternário até os dias atuais.

Quanto à Geologia, em função da pouca profundidade das escavações a serem efetuadas e a ocorrência ao longo do traçado de espesso horizonte de solos residuais – quer sejam derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeriro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé, quer sejam alterados a partir das rochas sedimentares (e basaltos e diabásios associados) da Bacia do Paraná – os mais variados litotipos rochosos das diversas unidades geológicas, na maior parte dos casos, não serão reconhecidos. As escavações previstas deverão concentrar-se sobre os solos mais evoluídos gerados a partir da alteração supérgena intensa.

Nos trechos das encostas escarpadas dos morros litorâneos (Morro Icanhema, no Guarujá) e das escarpas das serras do Quilombo e do Mar, onde ocorrem litotipos dos domínios Costeiro e Embu e, de forma subordinada, nos morros dos planaltos Paulistano/Alto Tietê e Jundiaí, onde estão instalados os domínios Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé, podem ocorrem exposições rochosas preservadas e as unidades geológicas afloram. Nestes casos, eventualmente, as escavações poderão atingir os respectivos maciços rochosas destas unidades geológicas.

As próprias implantações e as regularizações das obras viárias lineares – as quais o traçado norte-sul da futura dutovia deverá em grande parte acompanhar, com pequenos desvios localizados – propiciaram a exposição de horizontes de solos residuais mais profundos e, da mesma forma, dos maciços rochosos assocaidos às rochas ígneas e metamórficas desses domínios.

Os trechos das obras viárias onde atualmente são reconhecidos túneis e/ou que apresentam desnível topográfico considerável em pequenas extensões – com diversos cortes e retaludamentos associados – constituem intervalos críticos, onde já afloram ou poderão ocorrer exposições rochosas a pouca profundidade durante as obras de escavações de implantação da futura dutovia.

Quanto à Geologia da Bacia do Paraná, os trechos mais críticos ao longo dos traçados norte-sul (Campinas-Serrana) e leste-oeste (Botucatu-Paulínia), podem ser divididos em duas situações preferenciais: quando os traçados coincidirem com as faixas de domínio de obras viárias já implantadas poderão, eventualmente, exibirem afloramentos rochosos ou solos residuais pouco desenvolvidos e resistentes, o que tende a dificultar as escavações; nos trechos onde os traçados acompanham estradas vicinais secundárias ou serão implantados diretamente sobre campos abertos – pastagem ou cultura – as escavações ocorrerão concentradas sobre solos residuais bastante evoluídos e maduros, mas que ainda preservam alguma característica da rocha sedimentar de origem – ou dos basaltos e diabásios que ocorrem de forma subordinada.

Outras situações dizem respeito às ocorrências restritas de sedimentos terciários presentes nos arredores da cidade de São Paulo, aos extensos depósitos marinhos e mistos quaternários antigos e recentes presentes na Baixada Santista, e aos depósitos aluviais associados às drenagens principais observados que ocorrem de forma subordinada e localizada nos terrenos do Planalto e da Depressão Periférica.

Os depósitos aluviais – que configuram parte dos Sedimentos Continentais Indiferenciados – e os depósitos dos Sedimentos Marinhos e Mistos presentes na Baixada Santista, e os sedimentos aluviais ocorrentes no Planalto e na Bacia do Paraná, deverão ser facilmente escavados durante as obras de implantação da futura dutovia. Contudo, por constituírem depósitos recentes, os solos argilosos e arenosos associados a essas unidades geológicas tendem a apresentar baixa estabilidade. Deve-se ainda ressaltar que os solos moles e muitos moles caracterizados com a presença de matéria orgânica e com características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir as estrutras dos dutos sujeitas à corrosão eletrolítica.

Os corpos de tálus presentes nas encostas nas encostas do Morro do Icanhema (no Guarujá) e das serras do Quilombo e do Mar, agrupados na unidade dos Sedimentos Continentais Indiferenciados apresentam características de instabilidade e movimento de massa por rastejo. A presença de blocos de rochas de tamanhos variados – por vezes de dimensão métrica ou maior – na sua constituição, também podem dificultar os trabalhos de escavação durante a implantação da dutovia.

Os sedimentos terciários da Formação São Paulo identificados próximos à cidade de São Paulo e, principalmente, as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, representadas por depósitos colúvio-eluvionares identificados entre Campinas e Pirassununga no traçado norte-sul, e de Paulínia até Rio das Pedras no trecho leste-oeste da AII da dutovia, são de fácil escavação e apresentam boa estabilidade. As escavações de pouca profundidade aliada à distribuição e conformação destas unidades que tendem a ocupar o topo e se estendem até a meia encosta das colinas e morros baixos – por vezes médios – muito provavelmente não interceptarão o nível freático, o que contribui para as condições de estabilidade durante as obras de escavação para a sua implantação.

Eventualmente, são identificadas associadas às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, ocorrências restritas de solos colapsíveis. Os mesmos foram descritos no município de Rio da Pedras entre as estacas 55+2.500m até 55+6.100m.

Nas regiões onde afloram os gnaisses do Complexo Piracaia e por grandes extensões das unidades da Bacia do Paraná, onde predominam os relevos de colinas e morros baixos, os solos expostos evoluídos a partir da alteração supérgena das rochas pré-cambrianas – metamórifcas e sedimentares, respectivamente – considerando a pouca profundidade de escavação das obras de implantação da futura dutovia, tendem a se apresentar homogêneos e com estruturação maciça, sendo predominante na sua constituição uma matriz argilo-arenosa ou areno-argilosa, independentemente dos litotipos dos quais esses solos evoluíram. Essa situação pode também pode ser verificada nos solos derivados da alteração dos arenitos da Formação Botucatu, ou até mesmo, dos arenitos mais finos e melhor selecionados associados às ocorrências da Formação Pirambóia.

Em situação bastante semelhante, também podem ser agrupadas nesta situação, as exposições de solos residuais derivados de rochas metamórficas em áreas dos complexos Embu e Pilar, identificadas nos trechos do traçado norte-sul da futura dutovia que acompanham a Rodovia dos Imigrantes e a Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes.

Em maiores profundidades, as características intrínsecas – textura, estrutura, granulometria, constituição mineral – os solos tendem a ser menos evoluídos e ainda encontram-se em parte preservadas. Desta forma, são reconhecidos diversos aspectos das rochas originais e, por consequência, das unidades geológicas recortadas na implantação da dutovia.

Os solos derivados de rochas pré-cambrianas ígneas e metamórficas instaladas na serra do Mar e nos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiaí (para aqueles terrenos de nível alto) apresentam, em geral, profundidades superiores a 10 metros e são verificados trechos com mais de 50 metros de espessura contínua através do solo. Nestas regiões, devido às intervenções e cortes mais pronunciados em relavo topograficamente mais acidentados, são frequentes as exposções de solos residuais jovens, como verificados em grande parte das extensões do Rodoanel – trechos Sul e Oeste – e da Rodovia dos Bandeirantes, principalmente até os arredores de Jundiaí. De modo geral, a mesma situação pode ser reconhecida junto às encostas recortadas das serra do Mar, do Morrão e do Quilombo.

Nestes trechos específicos listados acima, não obstante a espessura considerável dos solos superficiais homogêneos expostos derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro (Complexo Costeiro e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Itu), Embu (Complexo Pilar, Complexo Embu, e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira e Suítes Graníticas Indiferenciadas), São Roque (Grupo São Roque, Grupo Serra do Itaberaba e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira) e Socorro-Guaxupé (Complexo Piracaia e Rochas Ígneas Intrusivas), as interferências antrópicas – com destaque para os cortes profundos efetuados nas encostas para a implantação das principais rodovias – condicionaram a exposição de horizontes mais profundos, onde prevalecem os solos estruturados, maciços ou orientados, por vezes micáceos e/ou caulínicos, e com constituição da matriz argilo-siltosa, silto-argilosa, ou areno-silto-argilosa.

As exposições e cortes pronunciados sobre os solos residuais estruturados tendem a apresentar ocorrências de instabilidade quando associados aos solos mais profundos recortados e derivados de xistos e filitos (Complexo Pilar e grupos São Roque e Serra do Itaberaba) e outras rochas fortemente estruturadas, como as associadas às zonas de cisalhamento. O mesmo se verifica sobre solos derivados das rochas gnáissicas ou mesmo migmatíticas (complexos Costeiro e Embu e, de modo subordinado, no Complexo Piracaia) quando apresentam foliação e/ou bandamento proeminente ou ocorrem estruturados/transpostos por zonas de cisalhamento.

Já nos solos mais profundos derivados de rochas metamórficas arenosas (quartzitos, metarenitos e metarcóseos) e de rochas ígneas presentes nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé (rochas graníticas diversas), podem ocorrer processos erosivos laminares, naquelas situações onde os cortes realizados após as escavações para a implantação dos dutos permaneçam expostos por período prolongado ou, eventualmente, sejam afetados por eventos chuvosos excepcionais.

Ressalta-se que nos locais onde serão realizados cortes em terrenos topograficamente acidentados e com estruturas geológicas desfavoráveis, o forem atingidos esses solos menos evoluídos a pouca profundidade, as obras para a implantação dos dutos deverão ser executadas com escavações em nichos, e o período em que os mesmos ficarão expostos e desconfinados deverá ocorrer por curto período, o que impede ou dificulta consideravelmente eventuais problemas de estabilidade.

Em outros locais, as escavações da futura dutovia poderão ser implantadas em trechos com exposição do maciço rochoso ocupando parte das faixas laterais das rodovias existentes, pricipalmente na situação quando implantada na base de encostas de morros médios e altos que já sofreu cortes e retaludadamentos consideráveis. Associam-se, sobretudo, às ocorrências localizadas de rochas graníticas, gnáissicas e/ou migmatíticas verificadas nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e, de forma mais restrita, no Complexo Socorro-Guaxupé – a sul da cidade de Jundiaí e quando associada aos terrenos de nível alto – além de corpos restritos de metaconglomerados do Grupo São Roque. Tal situação deverá exigir a escavação da faixa lateral e/ou corte da base da encosta com remoção a fogo do maciço rochoso.

A presença de rochas carbonáticas no Domínio São Roque na região da Cajamar-Jordanésia levanta a possibilidade de ocorrência de relevos cársticos e processos de abatimentos naturais ou induzidos na faixa da AID/ADA. Contudo, como já destacado em comentário anterior, na região da Rodovia dos Bandeirantes – onde está prevista a implantação da dutovia – as lentes das rochas carbonáticas tornam-se restritas ou mesmo desaparecem comparadas às ocorrências identificadas a oeste da Rodovia Anhanguera. O abatimento do terreno por processos cársticos no trecho de implantação da futura dutovia é uma hipótese bastante remota.

Dos solos evoluídos a partir das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, podem ser reconhecidos os argilosos e argilo-siltosos associados em parte ao Subgrupo Itararé (membros mais pelíticos), à Formação Tatuí (Grupo Guatá) e às formações Irati, Corumbataí, Teresina e Serra Alta (Grupo Passa Dois), e os predominantemente arenosos evoluídos diretamente dos arenitos diversos que compõem parte do Subgrupo Itararé (membros essencialmente arenosos) e da Formação Aquidauana (Grupo Tubarão) e, principalmente, das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento). Também são reconhecidos os solos essencialmente argilosos, ou ainda, argilo-siltosos, evoluídos da decomposição *in situ* das rochas básicas (basaltos da Formação Serra Geral e diabásios da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares).

As escavações superficiais da dutovia em terrenos da Bacia do Paraná deverão restringir-se aos solos mais evoluídos nas regiões em que o empreendimento for implantado em campos abertos – pastagem e cultivos gerais. E poderão avançar sobre solos mais profundos – e que guardam maior correlação com as rochas originais – nos locais onde a cobertura superficial foi previamente removida para a instalação de obras pretéritas, com destaque para as faixas laterais de rodovias existentes.

Os eventuais problemas potenciais da Geologia associados às rochas Bacia do Paraná referem-se aos cortes e escavações da dutovia em terrenos onde os solos arenosos mostram-se menos evoluídos e mais friáveis, podendo ocorrer processos erosivos lineares de dimensões consideráveis.

As escavações da futura dutovia em terrenos da Bacia do Paraná poderão ser efetuadas sobre ocorrências rochosas ou com o topo rochoso instalado a uma profundidade superior ao fundo da escavação, o que deverá exigir a escavação e/ou corte da encosta a fogo. Tal situação poderá ser observada em locais restritos, com exposições ou ocorrências subsuperficiais de basaltos (Fomação Serra Geral) e/ou de diabásios (Rochas Intrusivas Tabulares) a serem atravessadas pelo futuro empreendimento.

De forma muito subordinada, em alguns trechos onde a dutovia aproveitar a faixa de domínio de obras viárias já implantadas (como exemplo – Rodovia Nova Bandeirantes, entre Campinas e Santa Bárbara d'Oeste), onde ocorreram cortese intervenções mais pronunciadas no terreno natural, as escavações atingir ocorrências de rochas sedimentares frescas ou muito pouco alteradas, havendo a necessidade de escavação a fogo da trincheira.

10.1.2 HIDROGEOLOGIA

10.1.2.1 MÉTODOS DE TRABALHO

A identificação, caracterização hidroquímica e potencialidade das unidades aquíferas presentes na AII do empreendimento foram obtidas a partir dos dados disponíveis na bibliografia, em especial aqueles publicados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica–Daee em 1974, 1981, 1982 e, principalmente, do Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, publicado pelo Daee / IG / IPT / CPRM em 2005.

A Hidrogeologia da AID foi estudada com base no mapa do Daee / IG / IPT / CPRM (2005) e no cadastro de poços outorgados pelo Daee, acessível através do link http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usosrec/daeepocos.asp, obtendo-se informações diretas sobre as unidades aquíferas, principalmente quanto ao seu potencial de exploração.

Os poços cadastrados no Daee foram avaliados, por município cortado pela dutovia, quanto à proximidade da AID, consistência das informações disponibilizadas – como coordenadas, formação geológica e vazões registradas – e usuário detentor da outorga, selecionando-se os poços mais representativos de cada unidade aquífera.

A caracterização hidrogeológica da ADA dos terminais foi desenvolvida com base nas investigações realizadas para estudo de possíveis passivos ambientais (vide **Anexo 17.X**).

10.1.2.2 INTRODUÇÃO

Desde 1934, quando foi criado o Código de Águas, até a Constituição Federal de 5 de outubro de 1988, as águas subterrâneas foram consideradas bens imóveis, associados à propriedade da terra, limitando-se o direito à sua exploração. A Constituição, através do seu artigo 26, alterou esse *status*, considerando-as de propriedade dos estados e Distrito Federal, sendo as águas minerais de competência da União.

A Lei nº 6.134, de 2 de janeiro de 1988, regulamentada pelo Decreto nº 32.955 de 7 de fevereiro de 1991, dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. A Constituição Estadual, no seu Artigo 205, estabelece que o Estado institua um sistema integrado de gerenciamento dos recursos hídricos, e nos artigos 206 e 208 trata da conservação e proteção das águas subterrâneas como reservas estratégicas para o desenvolvimento econômico-social e suprimento de água às populações.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), aprovado pelo Decreto nº 32.954 de 7 de janeiro de 1991, apresenta um diagnóstico do uso dos Recursos Hídricos quanto aos cenários de utilização e Programas de Duração Continuada (PDC). Em 30 de dezembro de 1991, a Lei nº 7.663 estabeleceu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento das Águas Superficiais e Subterrâneas.

No Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), aprovado pela Lei nº 9.034/94, o Estado de São Paulo ficou dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Ugrhi), classificando-se as bacias hidrográficas nas categorias industrial, em industrialização, agropecuária e de conservação. Também foi estabelecida a hierarquia dos usos prioritários da água e são feitas recomendações para a elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas e para o processo de implantação da cobrança pelo uso da água.

A Lei Estadual nº 9.034 estabelece, ainda, os Programas de Duração Continuada (PDC) que tratam da avaliação, gestão, desenvolvimento e proteção das águas subterrâneas.

O Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996, estabeleceu as outorgas de direito de uso das águas superficiais e subterrâneas, classificando-as como de Autorização, Licença de Execução e Concessão.

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, definiu a outorga de direito de uso de recursos hídricos, e a Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, mantendo o tratamento diferenciado dado às águas minerais. Foi de grande importância, também, por normalizar e regular os aspectos relacionados à poluição e superexploração dos aquíferos.

O Decreto-Lei nº 382, de 22 de setembro de 1999, assegura a proteção das águas subterrâneas, estabelecendo perímetros de proteção para as captações destinadas ao abastecimento público.

Em 14 de fevereiro de 2000, foi instituída, pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH), a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas, com o objetivo de preservar os depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, conforme previsto nas leis estaduais 6.134 e 7.663. Passou a ser de competência da Câmara, propor diretrizes para a gestão integrada das águas subterrâneas, sua exploração, outorgas, licenciamento ambiental e a proteção dos aquíferos.

A Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, criou a Agência Nacional de Águas (ANA), a qual passou a ser a autoridade outorgante e implementou a Política Nacional de Recursos Hídricos. Juntamente com o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, dá competência ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nos termos da Lei nº 9.433, para tratar do planejamento da utilização desses recursos. A integração das águas subterrâneas e superficiais, no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos, foi implementada pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS) através da Resolução nº 15, publicada em 12 de janeiro de 2001, que estabelece diretrizes para a gestão integrada das águas.

Através da Portaria nº 1.469, o Ministério da Saúde trata do controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano, estabelecendo padrões de potabilidade, e a Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002, estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devam contemplar os aspectos de uso múltiplo das águas subterrâneas, função do aquífero, qualidade e quantidade, para o desenvolvimento social e ambiental sustentável.

As normas técnicas diretamente aplicáveis às águas subterrâneas são de responsabilidade da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, com a NBR 13.895, "Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem" (1997); ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, SP, com os "Ensaios de Permeabilidade em Solos – Orientações para sua Execução no Campo" (1996) e "Boletim nº 04" (1996), e Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo, com o "Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água" (1987) e a Norma 06.010, "Anexo A – Orientação para Coleta de Amostras" (1997).

10.1.2.3 Área de Influência Indireta (AII)

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, encontram-se instalados aquíferos de meio poroso nos sedimentos litorâneos, coluviões e aluviões quaternários, sedimentos da Bacia Terciária de São Paulo, sedimentos da Bacia do Paraná e solos residuais, e aquíferos de meio fraturado representados pelas rochas cristalinas do pré-Cambriano, basaltos e intrusivas básicas (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

Nas **figuras 10.1.2.3-1 e 10.1.2.3-2** a seguir, é apresentada a distribuição em área das unidades aquíferas, bem como seções hidrogeológicas esquemáticas pelo Estado de São Paulo.

FIGURA 10.1.2.3-1: Principais Unidades Aquíferas do Estado de São Paulo (IGG, 1974 *apud* IRITANI & EZAKI, 2008)

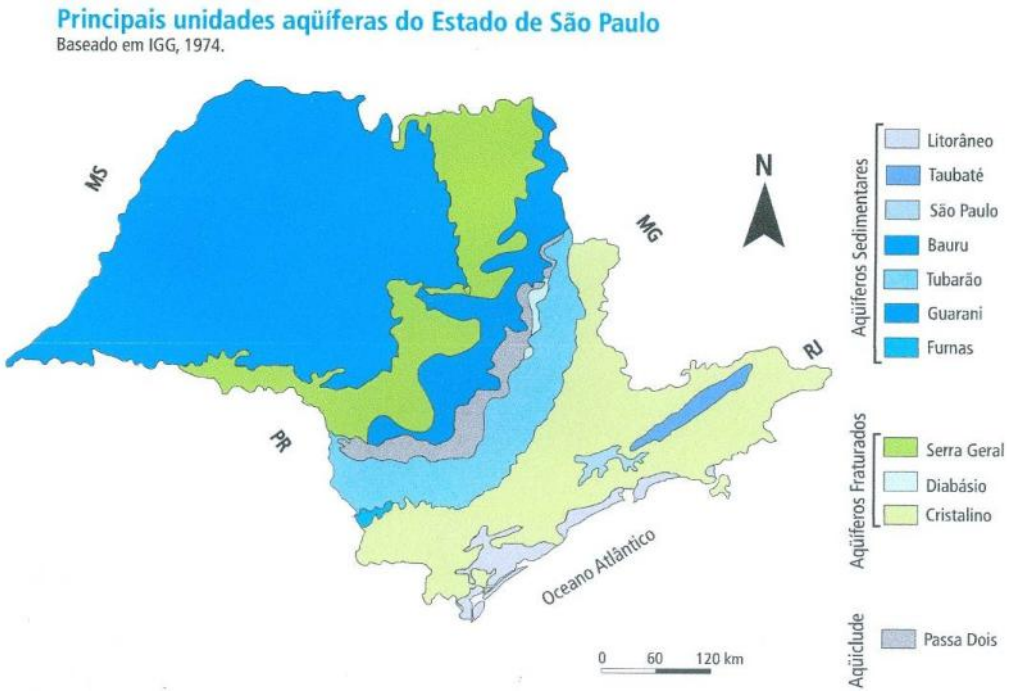
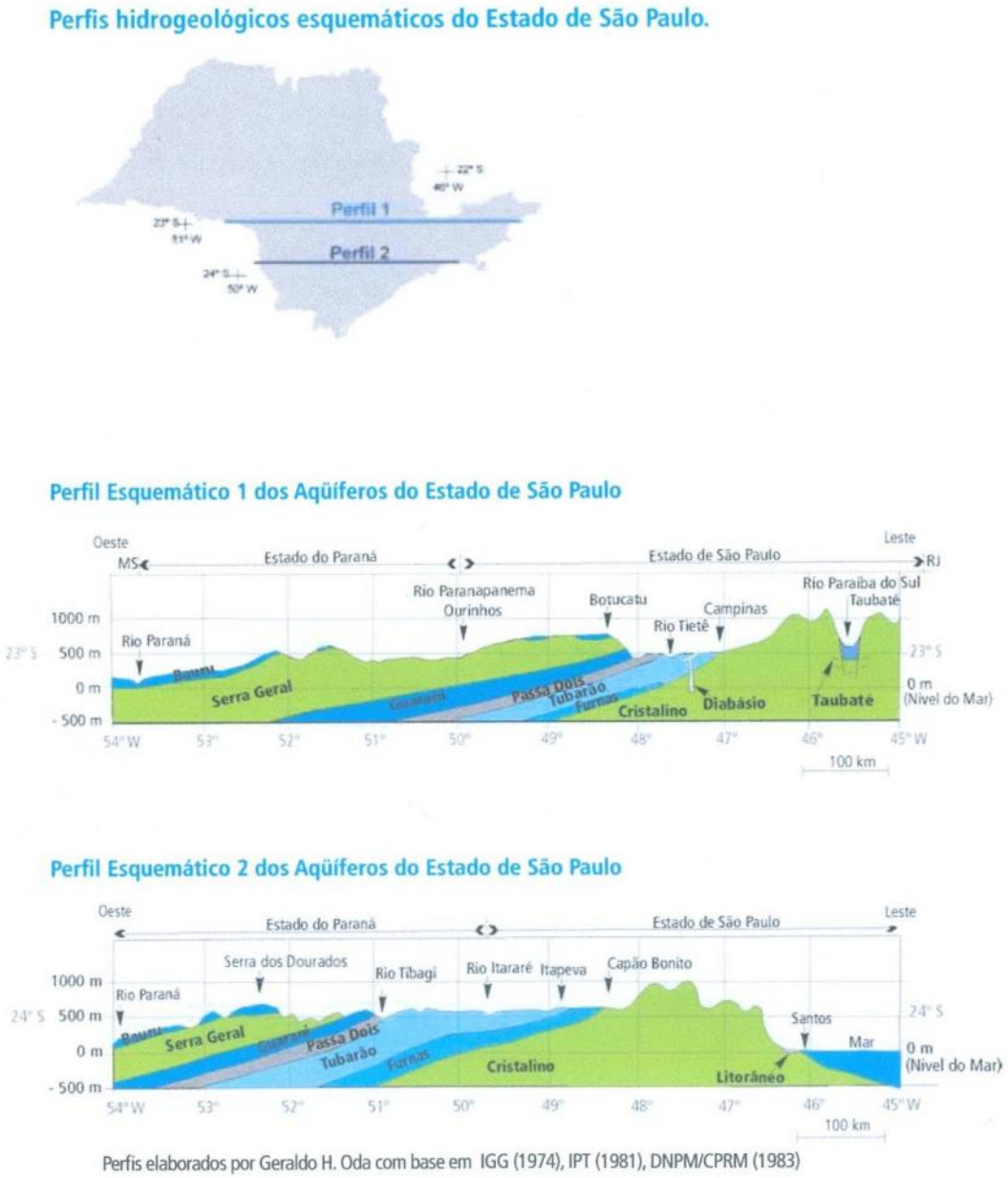


FIGURA 10.1.2.3-2 Perfis Hidrogeológicos Esquemáticos do Estado de São Paulo (ODA, 2008 *apud* IRITANI & EZAKI, 2008)



Perfis elaborados por Geraldo H. Oda com base em IGG (1974), IPT (1981), DNPM/CPRM (1983)

Os aquíferos instalados nos coluviões e aluviões quaternários, nos solos residuais próximos à superfície do terreno, e no topo dos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo e dos sedimentos litorâneos, são ditos superficiais. Os aquíferos instalados nas camadas mais profundas dos sedimentos terciários, sedimentos da Bacia do Paraná, sedimentos litorâneos e solos residuais, e nas rochas do pré-Cambriano e basaltos e rochas intrusivas básicas, em geral são ditos profundos.

O Grupo Passa Dois, caracterizado como um aquiclude em função dos baixíssimos valores dos parâmetros hidrogeológicos de seus sedimentos, não é tratado como unidade aquífera e, portanto, não é contemplado pelo presente estudo.

10.1.2.3.1 Aquífero Litorâneo

Esse aquífero se desenvolve ao longo de toda a costa litorânea do Estado de São Paulo, entrecortado pelo maciço cristalino, podendo se apresentar na forma de bolsões isolados ou faixas com extensão de até 70km, como na foz do rio Ribeira de Iguape. Encontra-se abrigado nos sedimentos da Planície Litorânea representados pelas Formações Pariquera-açu e Cananéia, e depósitos quaternários, com espessuras que podem ultrapassar 167m (SUGUIO & MARTIN, 1978).

Trata-se de unidade aquífera de porosidade granular, livre, extensão limitada e transmissividade média a elevada, e segundo o Daee / IG / IPT / CPRM (2005), sua base se encontra entre 50m e 200m abaixo do nível do mar, com a superfície potenciométrica variando entre 0m e 20m. A recarga se dá nas vertentes da serra, e a descarga ocorre na área costeira, com fluxo subterrâneo regional ascendente no sentido do mar.

Estudos realizados pela EMBRAPORT em 2003, para o licenciamento ambiental de seu futuro terminal portuário, e pela COSIPA em 2004, para a dragagem do Canal de Piaçaguera, permitiram a caracterização de um aquífero profundo instalado na base do pacote de sedimentos flúvio-lagunares, flúvio-marinhos e fluviais. Apresenta-se semi-confinado a confinado, instalado a partir de 30m de profundidade, até o limite com o embasamento cristalino.

O fluxo das águas subterrâneas, determinado por meio de piezômetros mais profundos, apresentou-se regional e ascendente, com semi-artesianismo determinado pelas altas cargas hidráulicas relacionadas à recarga proveniente da Serra do Mar, Serra do Quilombo e morros isolados.

A produtividade desse aquífero é relativamente baixa, com vazões explotáveis inferiores a 10m³/h e de 10m³/h a 20m³/h, como ocorre em áreas restritas entre as cidades de Peruíbe e São Vicente. As águas são do tipo bicarbonatas sódicas ou cloretadas cálcicas, podendo apresentar elevados teores de ferro e cloreto, por influência da cunha salina (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

Com o escoamento das águas subterrâneas no sentido do mar, forma-se uma interface entre a água doce e a água salgada, por equilíbrio hidrodinâmico, denominada cunha salina. A influência dessa cunha na qualidade da água varia com a forma e a distância da linha da costa, sendo menor nas costas continentais e maior nas costas insulares, como ocorre na Ilha de Santo Amaro, onde o abastecimento de água por poços profundos na Cidade do Guarujá é limitado pela distância da linha de costa, número de poços e vazões explotáveis.

10.1.2.3.2 Aquíferos Superficiais

Os aquíferos superficiais ou freáticos são os de maior interesse para o empreendimento, devido à pequena profundidade da sua superfície piezométrica, e constituem uma unidade hidrogeológica com extensão limitada, permeável por porosidade granular, livre e descontínua. Como esse sistema não possui caráter regional, suas características se associam às formas de ocorrência e natureza locais dos sedimentos ou solos residuais que a compõem.

A forma da superfície superior da zona de saturação é chamada superfície do lençol freático e depende da topografia do terreno tendendo, em parte, a acompanhar a conformação do relevo. Na superfície do lençol, a água contida nos poros do aquífero se encontra sob pressão atmosférica, de forma semelhante a um reservatório ao ar livre.

A carga hidráulica em qualquer ponto dos aquíferos corresponde à altura da coluna-d'água em metros, desde sua superfície livre até o ponto em questão. Quando um poço atinge o lençol freático, o nível estático da água no poço perfurado corresponde à superfície livre do aquífero. Essa superfície não é estática, subindo quando a zona de saturação recebe mais água de infiltração vertical e descendo nos períodos de estiagem.

A presença de aterros e camadas de solo menos permeável – como argilas nos aluviões e sedimentos terciários, e intercalações de antigas faixas xistosas nos solos residuais – sobre camadas mais permeáveis, pode imprimir regime artesiano aos aquíferos, "levantando" sua superfície, e também criar aquíferos secundários ditos "suspensos" ou "empoleirados".

A recarga desses aquíferos é feita, predominantemente, por infiltração vertical nos altos topográficos. A água atravessa a zona de aeração e se acumula na zona de saturação, ambas governadas pelas características locais dos solos e condições do relevo, que também controla o escoamento subterrâneo. Sua descarga se dá nas nascentes perenes ou intermitentes, córregos e rios.

Na Baixada Santista, os aquíferos superficiais são sub-aflorantes a aflorantes e se encontram instalados nos sedimentos de mangue, sedimentos flúvio-lagunares e sedimentos marinhos. Desenvolvem-se até cerca de 25m a 30m de profundidade e são caracterizados por águas de elevada condutividade elétrica, por conter sais dissolvidos e ser de natureza salobra.

Apresentam baixa capacidade de explotação, evidenciada por baixos valores de vazão, de condutividade hidráulica e de transmissividade, característicos de materiais argilosos. Com uma porosidade efetiva (ne) média estimada de 20%, obtida experimentalmente para sedimentos silto-argilosos (FETTER, 1994), estima-se uma velocidade de fluxo em torno de 12m/ano para as águas subterrâneas.

O regime de fluxo se dá localmente, pela infiltração das águas das chuvas e das marés de cheias sobre a planície, e a recarga desses aquíferos se dá de forma principalmente difusa, pela infiltração das águas salinas durante a fase de maré cheia, o que imprime, às suas águas, elevados teores de cloretos. Em função das variações de nível das marés, a superfície dos aquíferos apresentam oscilações na vertical, sendo maior essa influência quanto mais próximo das águas dos braços de mar e mais permeável o material do depósito aluvial.

A ocorrência de áreas mais elevadas na planície de maré, e de sedimentos flúvio-lagunares a montante pode determinar, ainda, um regime de fluxo mais profundo, alimentado pelas infiltrações decorrentes das precipitações pluviométricas, livre da influência das marés. Este fluxo apresentaria uma componente vertical e ascendente nas zonas de descarga, e estaria instalado nas camadas mais profundas do aquífero superior, possuindo caráter mais regional.

Durante as marés de enchente e passagens de frentes frias, as águas oceânicas penetram no Estuário Santista em direção às cabeceiras, gerando estratificação pelas diferenças de densidade e criando uma circulação longitudinal (UMAH, 2000). A água doce, concentrada em uma camada superior, se move para jusante com maior transporte residual, e a água salgada, constituindo uma camada inferior, se move para montante.

A descarga do aquífero ocorre no trecho baixo dos rios Jurubatuba, Quilombo, Cubatão e Diana, e seus tributários, e em toda a faixa litorânea. As oscilações da superfície freática tendem a acompanhar as variações das marés, e pode haver recarga quando o regime é influente, ou descarga quando é efluente.

Nas encostas e regiões mais elevadas do Planalto Atlântico e Planalto Paulista, com ocorrência de coluviões e solos residuais, os aquíferos superficiais podem ser interceptados por poços domésticos ou cacimbas a profundidades inferiores a 2m a até mais de 15m. Nos corpos aluviais maiores, presentes nos fundos dos vales, esses aquíferos são sub-aflorantes a aflorantes, o mesmo podendo ocorrer nos pontos mais baixos das encostas, onde formam nascentes intermitentes. Nos pontos elevados pode estar ausente ou se instalar de forma transitória nos períodos chuvosos.

No entorno das represas de Guarapiranga, Billings, Rio das Pedras e Salto Grande, e de rios de grande porte, os aquíferos superficiais instalados nos coluviões, sedimentos terciários e quaternários, e solos residuais, sofrem influência direta desses corpos-d´água. As oscilações da superfície freática tendem a acompanhar as flutuações dos seus níveis-d´água, e pode haver recarga quando o regime é influente, ou descarga quando é efluente.

Na região da Serra do Mar, os aquíferos superficiais ocupam os solos residuais e, eventualmente, pequenos corpos aluviais de natureza granular. Como as espessuras de solo são reduzidas e a topografia é muito íngreme, esses aquíferos têm sua capacidade de armazenamento limitada pelo topo do maciço rochoso e pelos elevados gradientes hidráulicos.

A direção de fluxo das águas subterrâneas acompanha a topografia local – com o contato solo-rocha atuando como caminho preferencial de percolação – até seu afloramento em nascentes formadas por estruturas permeáveis ou em locais de pequena espessura de solo. Sua capacidade de explotação é baixa, sendo mais ou menos reduzida em função da extensão e declividade das áreas de recarga.

Tanto nos planaltos como nas escarpas da Serra do Mar, a descarga do aquífero se dá nas nascentes perenes ou intermitentes, córregos e ribeirões, e nos rios Tietê e Quilombo, e em seus afluentes.

No Planalto de Jundiaí, os aquíferos superficiais ocorrem nas nascentes e corpos-d´água locais, e na Depressão Periférica Paulista, nas zonas do Mogi-guaçu, Paranapanema e Médio Tietê, e nos rios Atibaia, Capivari, Jaguari, Mogi-guaçu e Jarinú, na região de Campinas.

No entorno de rios de grande porte, os aquíferos superficiais instalados nos coluviões, sedimentos e solos residuais sofrem influência direta desses corpos-d´água. As oscilações da superfície freática tendem a acompanhar as flutuações dos seus níveis-d´água, e pode haver recarga quando o regime é influente, ou descarga quando é efluente.

Nas regiões mais elevadas e suas encostas, encontra-se instalado nos coluviões e solos residuais, e podem ser atingidos e explorados por poços domésticos e cacimbas com profundidades entre 2m e 12m ou superiores. Nos fundos dos vales são sub-aflorantes a aflorantes nos aluviões e níveis mais baixos das encostas, onde formam nascentes intermitentes, e podem estar ausentes ou apresentar regime transitório nos pontos elevados. Sua descarga se dá nas nascentes perenes ou intermitentes, córregos e rios.

Os aquíferos superficiais do Planalto Ocidental Paulista se encontram instalados nos depósitos cenozóicos representados pelos coluviões e aluviões; no solo residual oriundo dos sedimentos da Bacia do Paraná, rochas do cristalino, basaltos e intrusivas básicas e, em alguns casos, no topo do maciço rochoso. Nas margens dos rios de maior porte, como o Piracicaba, afluentes do Corumbataí, Mogi-guaçu e Pardo, as oscilações da superfície freática acompanham as variações do nível-d´água dos rios, apresentando regime influente ou efluente.

Também se apresentam aflorantes a sub-aflorantes nos aluviões dos fundos dos vales e sopés das encostas, onde formam nascentes, e podem estar muito profundos ou mesmo ausentes nas cotas mais elevadas dos depósitos de coluviões e sedimentos antigos, e sua descarga se dá nas nascentes perenes ou intermitentes, córregos e rios.

10.1.2.3.3 Aquífero São Paulo

O aquífero São Paulo está inserido nas rochas sedimentares que preenchem a Bacia Terciária de São Paulo, que ocupam uma área de cerca de 1.000km^2, distribuídos irregularmente na porção central da bacia hidrográfica do alto Tietê, no Planalto de São Paulo, entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. A espessura média desse pacote sedimentar é da ordem de 100m, podendo atingir mais de 250m (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

Apresenta-se semi-confinado ou confinado, ocasionalmente em regime artesiano quando instalado nas camadas mais profundas do pacote sedimentar. O contato entre sua base e o topo do embasamento pré-Cambriano se apresenta extremamente irregular, em virtude da atividade tectônica, com falhas que afetaram a sequência sedimentar da bacia e a reativação de antigas falhas que interferiram na espessura dos sedimentos, formando depressões localizadas (RICCOMINI & COIMBRA, 1992).

Dentre as unidades que abrigam o aquífero, a Formação Resende é a mais expressiva, com mais de 200m de espessura de arenitos, conglomerados, diamictitos e lamitos. A Formação Tremembé, constituída por argilitos, folhelhos, margas e calcários, ocorre em áreas restritas, com espessuras de até 60m. Os depósitos da Formação São Paulo, de arenitos, siltitos e argilitos, sustentam as altas colinas, e os arenitos, lamitos e brechas da Formação Itaquaquecetuba apresentam espessuras entre 20m e 130m.

Nas áreas de predomínio da Formação Resende, as vazões explotáveis podem variar entre 10m^3/h e 40m³/h, e na Formação São Paulo podem atingir 10m³/h (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005). HIRATA & FERREIRA (2001) registram vazões médias de 15,2m³/h e 9,5m³/h para as formações Resende e São Paulo, respectivamente. Áreas importantes em termos de vazão são as do Brooklin/Santo Amaro, na Cidade de São Paulo, e do Astroblema de Colônia, a cerca de 35km da capital, com mais de 400m de sedimentos neocenozóicos depositados na cratera de impacto de um meteorito, com poços apresentando vazões superiores a 15,2m³/h.

A recarga desse aquífero é feita, principalmente, a partir dos altos topográficos que constituem as colinas da Cidade de São Paulo e seu entorno. O regime de fluxo das águas subterrâneas pode apresentar padrões locais, em função da disposição das unidades que compõem a bacia, e no sentido das bacias hídricas dos rios Tietê e Pinheiros, onde se dá a descarga. Por estruturas no maciço fraturado da região do planalto também ocorre fluxo com descarga nas escarpas da Serra do Mar, em situações de exutório, na forma de nascentes.

Quanto à qualidade, as águas do aquífero São Paulo apresentam baixa salinidade, sendo do tipo bicarbonatadas cálcicas, e são adequadas para usos diversos.

10.1.2.3.4 Aquífero Tubarão

O Aquífero Tubarão se desenvolve na Depressão Periférica Paulista, ocupando uma área de 20.700km² na região centro-sudeste do estado, em todo o trecho da dutovia que compreende os terminais Santa Bárbara e Paulínia. É abrigado pelo Subgrupo Itararé e Formação Aquidauna (Permo-Carbonífero), e pelo Grupo Guatá (Permiano), que compreende as formações Tatuí, Rio Bonito e Palermo. Grande parte das duas últimas unidades (Itararé e Aquidauana) foi depositada diretamente sobre o embasamento pré-Cambriano (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

O Subgrupo Itararé é a principal unidade aquífera, constituída por uma associação de siltitos, argilitos, folhelhos, conglomerados e arenitos que se sucedem tanto na vertical como na horizontal, em camadas que podem alcançar várias dezenas de metros, até cerca de 800m na sua porção aflorante (DAEE, 1982).

A Formação Aquidauana é constituída por arenitos, conglomerados, siltitos e folhelhos, e pode atingir espessuras de até 300m, como na região de Mococa. Sua base repousa sobre o embasamento pré-Cambriano e o contato superior com a Formação Tatuí e unidades superiores, se dá por discordância erosiva. Nos sedimentos do Grupo Itararé e da Formação Aquidauana, intercalam-se soleiras de diabásio da Formação Serra Geral, principalmente ao norte de Campinas.

A Formação Tatuí é constituída por siltitos, arenitos, calcários e folhelhos, e arenito conglomerático ou conglomerado no seu contato superior com a Formação Irati. Apresenta espessuras médias de 30m a 50m na sua porção aflorante, mas pode ultrapassar 70m.

O aquífero Tubarão se apresenta semi-confinado ou confinado, eventualmente em regime artesiano, e possui grande heterogeneidade, como se observa pelas variações locais das vazões nos poços. As vazões explotáveis variam de 0m³/h a 40m³/h, com predominância de 0m³/h a 10m³/h. Valores superiores a 10m³/h foram encontrados próximo às cidades de Barão de Antonina, Itapeva, Pilar do Sul, Iperó, Tietê, Capivari, e na faixa entre Araras e Casa Branca (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

As áreas de maior vazão podem estar relacionadas à ocorrência de camadas confinantes, como intrusões de rochas básicas, ou à presença de fraturas mais permeáveis. Na região de Campinas, os poços mais produtivos se encontram próximos a lineamentos, evidenciando a influência dessas estruturas sobre o potencial de produção do aquífero.

O nível estático se encontra, em média, a cerca de 20m de profundidade, e as profundidades atingidas pelos poços são de até 150m. Nas cidades de Tietê, Capivari, Rafard e Hortolândia, observou-se a ocorrência de rebaixamentos elevados da superfície potenciométrica, devido à elevada concentração de poços.

Quanto à qualidade, as águas do Aquífero Tubarão são adequadas para o abastecimento público e uso geral. No Subgrupo Itararé se apresentam fracamente salinas, bicarbonatadas sódicas, bicarbonatadas cálcicas ou mistas, com pH entre 4,8 e 8,9, e resíduo seco de 21mg/L a 421 mg/L (DAEE, 1981 e 1982).

10.1.2.3.5 Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani ocupa 75% do Estado de São Paulo, com cerca de 174.000km^2 de sua extensão confinados sob os basaltos da Formação Serra Geral e 16.000km^2 aflorando ao longo da Depressão Periférica Paulista, onde apresenta larguras irregulares em função das grandes drenagens, atingindo até 175km. Somente no seu trecho norte, entre o terminal Serrana e o Município de Descalvado, e no extremo oeste, no terminal Botucatu, o empreendimento se assentará sobre este aquífero, onde o mesmo se apresenta praticamente livre.

No topo, encontra-se abrigado pela Formação Botucatu (Jurássico-Cretáceo), e sua base é representada pela Formação Pirambóia (Triássico), assentada em discordância angular sobre o Grupo Passa Dois. Esses sedimentos constituem o arcabouço principal do Reservatório de Barra Bonita (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

A Formação Pirambóia é constituída por arenitos de granulação média a fina, localmente grossos e conglomeráticos, depositados em ambiente fluvio-lacustrino e eólico (CAETANO-CHANG & WU, 1992, e MILANI *et al.*, 1994). Apresenta estratificação de médio porte, cruzada planar ou acanalada, e estratificação plano-paralela, com lâminas ricas em argila ou silte. A Formação Botucatu é de deposição eólica, sendo formada por arenitos médios a finos avermelhados, formados por grãos bem selecionados e de alta esfericidade, com estratificação cruzada de grande porte, que também podem ser encontrados como camadas intra-trapeanas na Formação Serra Geral.

O Aquífero Guarani é granular e homogêneo, do tipo livre na sua porção aflorante e predominantemente confinado desde a Depressão Periférica Paulista até o extremo oeste do Estado de São Paulo, de onde se estende para outros estados e países. Sua espessura varia de cerca de 100m na região onde aflora, a mais de 400m, e a superfície de contato com a Formação Serra Geral mergulha para sudoeste, com altitudes que vão de 800m a até 1300m abaixo do nível do mar na região de Presidente Prudente (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

O fluxo regional ocorre de leste para sudoeste, sendo o gradiente hidráulico médio de cerca de 0,001 na porção confinada e de 0,008 a 0,003 na região aflorante, onde ocorrem os maiores gradientes. Na região de confinamento, o nível potenciométrico se encontra em cota superior à do contato com a Formação Serra Geral, com o limite da faixa de surgência do aquífero indicando a linha a partir da qual o nível da água subterrânea se eleva acima da superfície do terreno (SILVA, 1983).

Quanto à condutividade hidráulica (K), considerando-se a média ponderada das condutividades da Formação Pirambóia (2,5m/dia) e Botucatu (3,5m/dia), obtém-se, para o Aquífero Guarani, 2,6m/dia para a região confinada e 3,0m/dia para sua região livre. O coeficiente médio de armazenamento (S) para a porção livre do aquífero é de 0,17, e a transmissividade (T) é de cerca de 260m^2/dia na porção aflorante, aumentando progressivamente para valores superiores a 1200m^2/dia na porção confinada (DAEE, 1974).

As vazões explotáveis (Q) para um rebaixamento de 12% da espessura saturada do aquífero, considerando-se um período de 20 anos de bombeamento contínuo, são de 20m^3/h a 40m^3/h e de 40m^3/h a 80m^3/h no sistema livre. No sistema confinado são de 80m^3/h a 120m^3/h, 120m^3/h a 250m^3/h, e 250m^3/h a 360m^3/h (JACOB, 1969 *apud* CUSTÓDIO & LLAMAS, 1976). As vazões mais baixas são observadas próximo ao aquiclude da Formação Passa Dois, onde ocorrem as menores espessuras saturadas.

Na região onde aflora, as águas desse aquífero são predominantemente bicarbonatadas cálcicas, com temperaturas de 22ºC a 27ºC, pH de 5,4 a 9,2 e salinidade inferior a 50mg/L. Na área confinada são bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas sódicas e, subordinadamente, sulfatadas-cloretadas sódicas, com temperaturas de 22ºC a 59,7ºC, pH de 6,3 a 9,8 e salinidades de 50mg/L a 500mg/L. As águas (CAMPOS, 1993). Apesar da boa potabilidade, a água pode apresentar nitratos na região aflorante, pela existência de fossas negras e defensivos agrícolas. Também podem ocorrer ferro, das águas dos basaltos ou dissolução da tubulação de poços, e flúor, provavelmente da decomposição das rochas sedimentares do aquífero (FRAGA, 1992).

10.1.2.3.6 Aquíferos de meio Fraturado

Os aquíferos de meio fraturado encontram-se instalados nas rochas pré-cambrianas e rochas basálticas da Formação Serra Geral, e diques, sills e corpos tabulares de diabásios com ocorrência restrita, e compreendem quatro tipos: pré-Cambriano, pré-Cambriano cárstico, Serra Geral e diabásio.

O aquífero pré-Cambriano ocorre ao longo de todo o traçado da dutovia, abrigado pelo arcabouço de rochas do cristalino. Nos maciços basálticos presentes na borda do Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica Paulista, nas regiões dos terminais Serrana e Botucatu, podem ser encontrados os aquíferos Serra Geral e de rochas intrusivas básicas tabulares. Na porção sul do estado, entre Perus, Caieiras, Cajamar e Jordanésia, até Santana do Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, os mármores e metacalcários dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba abrigam o aquífero pré-Cambriano cárstico.

Em geral esses aquíferos são profundos, repousando na base dos demais aquíferos, e o armazenamento da água se dá nas estruturas geológicas presentes no maciço rochoso, representadas, principalmente, pelas fraturas e juntas. Também pode ocorrer armazenamento nos solos residuais que recobrem o maciço, em meio poroso, em especial nas regiões do Planalto Atlântico e Planalto de São Paulo com grandes espessuras do manto de alteração, e na Baixada Santista, entre o limite inferior dos aquíferos superficiais e o cristalino, contribuindo para a recarga do aquífero de meio fraturado.

No meio fraturado, as fraturas do tipo compressional e de cisalhamento se apresentam fechadas, possuindo pouca ou nenhuma capacidade de condução e armazenamento de água. As fraturas do tipo distensional são formadas por alívio de tensões e esforços tectônicos de tração, sendo abertas e, portanto, as formadoras do sistema aquífero.

As fraturas distensionais de alívio de tensões se desenvolvem paralelamente ao topo do maciço rochoso, sendo sua origem associada aos processos de intemperismo, que transformam as rochas em solo, reduzindo sua densidade, e à erosão, pela remoção de massa do manto de alteração, reduzindo as cargas aplicadas sobre o maciço. Sua ocorrência, frequência e abertura são maiores na superfície do maciço rochoso e tendem a diminuir com a profundidade até se extinguir por completo nos níveis onde as tensões atuantes se mantêm preservadas.

Fraturas distensionais de origem tectônica são formadas por esforços de tração associados a falhamentos e dobramentos, sendo sua ocorrência, frequência e abertura condicionadas pela distribuição das tensões no maciço rochoso e sua distância em relação às maiores concentrações de esforços. Ocorrem desde a superfície do terreno até as regiões mais profundas do maciço.

Na Depressão Periférica Paulista, Planalto Atlântico, Planalto de São Paulo, Planalto de Jundiaí e Planalto Ocidental Paulista, a recarga desses aquíferos é feita pelas bacias dos rios Tietê e Pinheiros, que também alimentam a região da escarpa da Serra do Mar, juntamente com as bacias dos rios Jurubatuba, Moji e Quilombo, e pelas bacias dos rios Piracicaba, afluentes do Corumbataí, Mogi-guaçu e Pardo. Sua descarga se dá nas escarpas das serras, em situações de exutório governadas pelos elevados gradientes hidráulicos, com nascentes formadas pela chegada de estruturas ou zonas muito fraturadas do maciço, e na faixa litorânea que margeia o Oceano Atlântico, onde suas águas apresentam fluxo regional ascendente.

Sua superfície se encontra a profundidades superiores a 100m, sendo interceptado somente por poços tubulares profundos, mas também pode se apresentar aflorante, formando exutórios. Em geral se apresenta semi-confinado a confinado, eventualmente com regime artesiano, em função dos elevados gradientes hidráulicos formados pelos desníveis das serras e da ocorrência de intercalações de camadas de solo e rocha menos permeáveis no maciço, mas pode ser do tipo livre.

Na região da Baixada Santista, a Serra do Mar e os morros isolados subjacentes constituem a área de recarga do aquífero instalado no maciço cristalino, e a faixa litorânea que margeia o Oceano Atlântico corresponde à sua área de descarga. A interação entre as águas dos aquíferos e o oceano se dá através de processos de natureza advectiva e efusiva, gerando a chamada cunha salina na zona de mistura entre as águas salinas e as não salinas.

Quanto à potencialidade desses aquíferos, poços instalados em rochas metamórficas e granitos podem produzir entre 1m³/h e 23m³/h de água de boa qualidade, sendo mais produtivos os poços em gnaisses e menos produtivos os poços em granitos. A espessura do manto de alteração não exerce influência significativa sobre a produção dos poços.

Nos basaltos da Formação Serra Geral, podem ser obtidas vazões entre 7m³/h e até 100m³/h, e não existem informações sobre vazões calculadas nos poços construídos em diabásios. O aquífero pré-Cambriano cárstico apresenta elevado potencial de produção de águas carbonatadas, com vazões superiores a 120m³/h, em função das feições de dissolução dos mármores e metacalcários (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

10.1.2.3.7 Conclusões sobre a Hidrogeologia da AII

Pela pequena profundidade da superfície piezométrica, os aquíferos superficiais ou freáticos são os de maior interesse para o empreendimento. Apresentam extensão limitada, estando suas características relacionadas às formas de ocorrência e natureza locais dos sedimentos ou solos residuais. Em geral, a superfície freática depende da topografia do terreno e acompanha a conformação do relevo. Como não é estática, e sua descarga se dá nas nascentes e cursos-d´água, os riscos de migração de contaminantes para esses corpos receptores, nos eventuais casos de vazamentos, são maiores.

Nas áreas de menor profundidade da superfície livre dos demais aquíferos, ou onde ocorrer sua elevação – de forma que a camada superior dos mesmos avance sobre o freático local ou o represente – haveria possibilidade, também, de migração de contaminantes para níveis mais profundos. Entretanto, a ocorrência de camadas menos permeáveis e outros condicionantes de caráter regional ou local associados aos aquíferos Litorâneo, São Paulo e Tubarão restringiria o fluxo subterrâneo. O aquífero Guarani, abrigado por sedimentos mais homogêneos e permeáveis, e os aquíferos de meio fraturado, estariam mais sujeitos a contaminações nos casos de vazamentos.

10.1.2.4 Área de Influência Direta (AID)

O estudo da Hidrogeologia da AID do empreendimento foi desenvolvido a partir das informações disponíveis sobre os poços tubulares profundos outorgados pelo Daee, uma vez que foi possível a identificação do aquífero em exploração e algumas características gerais do mesmo, como vazão, profundidade do nível estático e qualidade da água.

Foram considerados os poços mais representativos presentes ao longo da AID do empreendimento e seu entorno, procurando-se obter a melhor caracterização possível de cada aquífero. Com base nas regiões de ocorrência dos aquíferos, indicadas pelos poços presentes ao longo da faixa que compreende traçado da dutovia, foi considerado o trecho Guarujá-Campinas, de domínio dos aquíferos Litorâneo, Freático, São Paulo e Cristalino, e os trechos Campinas-Serrana e Botucatu-Paulínia, de domínio dos aquíferos Freático, Cristalino, Tubarão, Guarani e de rochas basálticas.

10.1.2.4.1 Trecho Guarujá – Campinas

Os terrenos a ser interceptados pelo empreendimento entre o terminal Guarujá e o Município de Campinas abrigam, em toda a sua extensão, aquíferos freáticos superficiais instalados nos coluviões, aluviões e solos residuais, e o aquífero cristalino, nas fraturas do maciço rochoso pré-cambriano. Nas regiões de ocorrência da bacia sedimentar terciária, desenvolve-se o aquífero São Paulo, e a costa litorânea abriga o aquífero litorâneo.

Devido à pequena profundidade de sua superfície livre, os aquíferos freáticos são explorados, via-de-regra, por meio de poços e cacimbas, utilizando-se balde com ou sem carretilha ou bombas de recalque. Eventualmente, em função da profundidade do nível-d´água estático e das vazões de explotação, são utilizadas bombas submersas em poços tubulares profundos. O aquífero São Paulo e o cristalino são explorados por meio de poços tubulares profundos, e raramente por poços superficiais. O aquífero litorâneo, dado sua baixa produtividade e os elevados teores de ferro e cloreto, são pouco explorados (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

As profundidades do nível-d´água e vazões dos aquíferos explorados para consumo humano, agropecuária, irrigação, dessedentação de animais, indústria e comércio, podem ser obtidas a partir do cadastro dos poços outorgados pelo Daee, acessível através do link http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usosrec/daeepocos.asp. Para o diagnóstico hidrogeológico da AID / ADA foram avaliados poços cadastrados nos municípios, cujos totais estão indicados a seguir.

Município	Total de poços cadastrados
Guarujá	01
Santos	-
Cubatão	01
São Bernardo do Campo	216
São Paulo	1.491
Itapecerica da Serra	28
Embu	28
Cotia	173
Carapicuíba	32
Barueri	145
Itupeva	152

Foram considerados apenas os poços mais representativos dos aquíferos interceptados, os quais se encontram relacionados nas **tabelas 10.1.2.4.1-1 a 10.1.2.4.1-8**, por município atravessado pela dutovia.

TABELA 10.1.2.4.1-1: Poços Selecionados no Município de São Bernardo do Campo (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
São Bernardo do Campo	Cristalino	7.373.840	337.080	772,00	15,00	1,80
	Cristalino	7.373.740	338.250	768,00	6,00	1,33
	Cristalino	7.374.950	344.210	681,00	18,00	4,00
	Cristalino	7.375.010	336.800	822,00	19,45	12,00
	Cristalino	7.373.930	344.020	750,00	44,89	17,00
	Cristalino	7.373.940	344.580	800,00	30,00	6,00
	Cristalino	7.373.210	338.850	750,00	6,00	8,00
	Cristalino	7.372.710	338.330	770,00	13,88	9,00
	Cristalino	7.374.300	341.650	775,00	32,80	14,40
	Cristalino	7.373.700	338.270	772,00	7,27	1,84
	Cristalino	7.373.900	344.480	790,00	35,00	10,00
	Cristalino	7.372.250	339.180	650,00	14,00	0,90
	Cristalino	7.373.820	338.600	781,00	18,00	1,00
	São Paulo	7.381.050	341.160	754,00	148,40	10,00
	São Paulo	7.376.010	336.500	775,00	12,00	1,70
	Cristalino	7.374.960	337.210	776,00	3,75	2,00
	Cristalino	7.372.640	338.440	754,00	10,05	2,40
	Cristalino	7.374.930	336.380	820,00	31,00	3,20
	Cristalino	7.374.930	342.060	770,00	76,00	31,50
	Cristalino	7.374.440	341.810	770,00	76,00	15,80
	Cristalino	7.374.050	341.890	783,00	12,50	25,30
	Cristalino	7.373.970	342.770	818,00	21,90	10,00
	Cristalino	7.373.310	342.530	890,00	53,64	25,00
	Cristalino	7.373.320	342.750	857,00	23,78	18,00
	Cristalino	7.373.690	342.840	810,00	14,32	7,00
	Cristalino	7.374.220	301.220	849,00	5,00	1,50

TABELA 10.1.2.4.1-2: Poços Selecionados no Município de São Paulo (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
São Paulo	Cristalino	7.376.030	320.090	755,00	16,16	12,00
	Cristalino	7.378.920	341.590	765,00	63,00	6,40
	Cristalino	7.379.870	327.350	726,00	64,93	21,10
	Cristalino	7.380.770	326.590	724,00	46,00	5,00
	Cristalino	7.379.980	327.240	724,00	57,50	8,00
	São Paulo	7.377.300	326.620	730,00	20,00	2,00
	Cristalino	7.378.590	322.710	774,00	14,48	4,20
	São Paulo	7.379.840	322.440	770,00	54,00	6,00
	Cristalino	7.372.590	325.750	770,00	14,00	0,30
	Cristalino	7.378.180	328.760	723,00	6,90	3,00
	Cristalino	7.372.680	323.210	772,66	12,00	1,50
	Cristalino	7.380.770	328.900	770,00	58,30	23,20
	Cristalino	7.377.930	330.720	768,00	43,80	6,00
	São Paulo	7.379.960	326.230	750,00	95,00	2,00
	Cristalino	7.372.530	323.290	760,00	21,50	1,08
	Cristalino	7.377.190	322.590	817,00	38,00	3,60
	Cristalino	7.380.250	327.020	723,00	98,75	14,40
	Cristalino	7.380.250	326.170	724,00	40,00	20,00
	Cristalino	7.378.600	328.510	725,00	5,00	30,00
	Cristalino	7.380.110	329.180	790,00	64,26	17,70
	Cristalino	7.377.050	326.140	775,00	50,08	3,30
	Cristalino	7.380.360	320.480	785,00	19,00	2,33
	Cristalino	7380,780	327.170	726,00	85,00	3,00
	Cristalino	7.380.740	327.100	726,00	45,20	5,00
	Cristalino	7.378.440	327.120	738,00	18,00	4,00
	Cristalino	7.380.980	326.220	723,00	91,80	11,10
	Cristalino	7.379.770	327.010	726,00	103,00	3,00

TABELA 10.1.2.4.1-3: Poços Selecionados no Município de Itapecerica da Serra (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Itapecerica da Serra	Cristalino	7.374.320	307.020	815,00	40,00	450,00
	Cristalino	7.378.870	309.190	800,00	10,80	3,40
	Cristalino	7.378.170	309.740	785,00	9,56	25,00
	Cristalino	7.377.040	313.500	759,00	6,00	6,00
	Cristalino	7.375.480	308.150	788,00	2,22	6,00
	Cristalino	7.378.200	306.840	850,00	43,54	1,00
	Cristalino	7.376.970	307.920	800,00	5,74	4,00
	Cristalino	7.377.100	308.620	780,00	1,26	17,58
	Cristalino	7.377.920	307.410	855,00	10,01	2,40

TABELA 10.1.2.4.1-4: Poços Selecionados no Município de Embu (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Embu	Cristalino	7.383.670	312.410	800,00	30,00	3,60
	Cristalino	7.383.580	312.370	805,00	17,00	4,00
	Cristalino	7.383.650	312.250	800,00	13,00	3,60
	Cristalino	7.386.130	314.640	760,00	4,00	12,00
	Cristalino	7.383.420	311.810	785,00	50,35	3,75
	Cristalino	7.383.010	312.440	785,00	39,00	3,60
	Cristalino	7.384.790	310.270	610,00	11,50	16,00
	Cristalino	7.385.690	312.160	768,00	76,30	2,00
	Cristalino	7.386.250	314.480	793,00	39,40	15,00
	Cristalino	7.383.110	311.180	770,00	8,25	2,00
	Cristalino	7.380.260	309.390	802,00	8,00	6,00

TABELA 10.1.2.4.1-5: Poços Selecionados no Município de Cotia (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Cotia	Cristalino	7.390.790	312.140	-	-	4,00
	Cristalino	7.390.860	312.330	-	-	4,00
	Cristalino	7.389.700	313.390	-	-	5,00
	Cristalino	7.390.150	313.890	-	-	2,00
	Cristalino	7.388.610	312.130	-	-	6,00
	Cristalino	7.389.000	313.830	-	-	8,00
	Cristalino	7.388.290	312.800	-	-	6,40
	Cristalino	7.388.500	312.720	-	-	3,00
	Cristalino	7.388.450	312.410	-	-	3,00
	Cristalino	7.388.590	312.170	-	-	18,00
	Cristalino	7.389.880	313.870	-	-	2,15
	Cristalino	7.388.940	312.280	-	-	2,42
	Cristalino	7.391.010	312.580	-	-	0,80
	Cristalino	7.388.500	312.720	-	-	3,00
	Cristalino	7.390.850	312.200	-	-	7,20
	Cristalino	7.390.850	312.350	-	-	2,40
	Cristalino	7.391.000	312.200	-	-	4,80
	Cristalino	7.388.400	313.450	-	-	13,00
	Cristalino	7.387.840	312.270	-	-	3,10
	Cristalino	7.388.210	312.400	-	-	0,40
	Cristalino	7.390.790	312.140	-	-	4,00

TABELA 10.1.2.4.1-6: Poços Selecionados no Município de Carapicuiba (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Carapicuíba	Cristalino	7.393.980	312.650	-	-	1,00
	Cristalino	7.398.600	312.580	-	-	5,00
	Cristalino	7.396.160	313.230	-	-	3,00
	Cristalino	7.392.630	312.970	-	-	10,00
	Cristalino	7.397.530	312.860	-	-	10,00
	Cristalino	7.392.710	313.410	-	-	2,40

TABELA 10.1.2.4.1-7: Poços Selecionados no Município de Barueri (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Barueri	Cristalino	7.399.700	312.600	-	-	5,00
	Cristalino	7.400.700	313.490	-	-	1,00
	Cristalino	7.401.340	312.360	-	-	1,00
	Cristalino	7.401.340	312.420	-	-	2,00
	Cristalino	7.400.000	313.760	-	-	2,00
	Cristalino	7.399.980	313.090	-	-	9,00
	Cristalino	7.401.790	313.970	-	-	1,30
	Cristalino	7.401.140	313.810	-	-	1,00
	Cristalino	7.399.650	312.440	-	-	4,00
	Cristalino	7.399.410	312.830	-	-	7,50
	Cristalino	7.398.930	312.890	-	-	5,20
	Cristalino	7.399.640	312.550	-	-	2,50
	Cristalino	7.399.400	312.830	-	-	7,50
	Cristalino	7.399.240	312.740	-	-	10,00
	Cristalino	7.399.800	313.130	-	-	6,00

TABELA 10.1.2.4.1-8: Poços Selecionados no Município de Itupeva (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Cota (m)	Nível estático (m)	Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste			
Itupeva	Cristalino	7.443.150	294.100	-	-	9,00
	Cristalino	7.443.100	294.120	-	-	9,00
	Cristalino	7.448.930	290.370	-	-	5,00
	Cristalino	7.449.080	290.210	-	-	5,00
	Cristalino	7.441.850	290.250	-	-	10,00
	Cristalino	7.441.990	289.970	-	-	10,00
	Cristalino	7.443.670	293.980	-	-	8,00
	Cristalino	7.443.100	294.860	-	-	3,00
	Cristalino	7.447.500	291.460	-	-	5,00
	Cristalino	7.449.370	289.630	-	-	2,00
	Cristalino	7.448.520	290.460	-	-	2,20
	Cristalino	7.448.900	290.700	-	-	3,00
	Cristalino	7.441.100	290.490	-	-	0,70

Aquífero Litorâneo

Desenvolve-se na Planície Litorânea, abrigado nos sedimentos e entrecortado pelo maciço cristalino, podendo se apresentar na forma de bolsões isolados, e suas espessuras podem ultrapassar 167m (SUGUIO & MARTIN, 1987). Apresenta extensão limitada, superfície potenciométrica aflorante ou a até 20m de profundidade, e base entre 50m e 200m abaixo do nível do mar (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

Devido ao seu confinamento pelos sedimentos marinhos, encontra-se sob regime semi-artesiano ou artesiano, determinado pelas altas cargas hidráulicas relacionadas à recarga proveniente da Serra do Mar, Serra do Quilombo e morros isolados. Quanto à exploração, a produtividade desse aquífero é relativamente baixa, e suas águas podem apresentar elevados teores de ferro e cloreto, por influência da cunha salina (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

O cadastro de poços do Daee indica a ocorrência de apenas duas outorgas concedidas no litoral, sendo uma no Município de Cubatão e outra no do Guarujá, ambas com registro de pequena profundidade e vazão não fornecida, devendo tratar-se de poços construídos no âmbito do aquífero freático e com água de má qualidade, característica típica da região da Baixada Santista, onde a exploração das águas subterrâneas é limitada pela proximidade do mar. O aquífero litorâneo também não será impactado pela dutovia, devendo ser considerado, no contexto do aquífero freático, apenas nas áreas onde se apresenta sub-aflorante ou próximo à superfície do terreno.

Aquíferos Freáticos

Os aquíferos freáticos se apresentam livres e com sua superfície piezométrica a pequenas profundidades, podendo ser interceptados pela dutovia nas regiões mais baixas do relevo como fundos de vales, planícies aluviais, várzeas e planície litorânea. Nas regiões mais elevadas, essa interceptação pode ocorrer de forma sazonal, por oscilações do nível-d´água, em função da permeabilidade do aquífero, topografia, pluviosidade e fluxo local das águas subterrâneas, pois não possui caráter regional.

Quando esses aquíferos se encontram em regime artesiano devido à presença de aterros, camadas ou faixas de argila, e sedimentos terciários, a abertura de valas para a implantação dos dutos irá provocar a ascensão da superfície freática, até sua estabilização com o alívio das pressões piezométricas. As flutuações dos níveis-d´água dos rios, das represas de Guarapiranga, Billings, Rio das Pedras e Salto Grande, e das marés nas faixas litorâneas, influenciam fortemente esse regime, onde o mesmo se encontra instalado, elevando as pressões.

As superfícies livres desses aquíferos se encontram, em geral, subaflorantes a mais de 15m de profundidade, e podem aflorar nos corpos aluviais presentes nos fundos dos vales e nos pontos mais baixos das encostas, onde formam nascentes perenes ou intermitentes, apenas nos períodos chuvosos. Dentre os poços próximos às áreas de influência da dutovia, apenas três na região do planalto foram outorgados para a exploração do aquífero freático, atingindo o mesmo a profundidades de 7,00m e 8,70m, e com vazões de 2,05m^3/h, 0,90m^3/h e 0,63m^3/h.

Outros poços outorgados, cadastrados como instalados no cristalino, atingiram o nível estático do aquífero a pequenas profundidades, entre 1,20m e 12,50m, com vazões de explotação entre 1,33m^3/h e 25,30m^3/h. Em Itupeva foram obtidas vazões entre 0,20m^3/h e 2,30m^3/h. Considerando-se as vazões obtidas, entende-se que se trata de poços que interceptaram estruturas do maciço rochoso muito próximas do topo, em locais onde o aquífero cristalino se apresenta livre e contribui para a recarga e formação do aquífero freático.

Na região da Serra do Mar, como as espessuras de solo são reduzidas, a topografia é muito íngreme, e esses aquíferos têm capacidade de armazenamento limitada pelo topo do maciço rochoso, a água para consumo é obtida em nascentes perenes ou intermitentes instaladas na rocha ou em locais com pequena espessura de solo, e em poços rasos, com baixa capacidade de vazão. Na Baixada Santista, apesar de se encontrar sub-aflorantes, aflorantes ou a pequenas profundidades, são muito pouco explorados, pois suas águas apresentam sais dissolvidos e natureza quase sempre salobra.

Considerando-se que, de modo geral, a dutovia será implantada a pequenas profundidades, seu assentamento será feito em áreas muitas vezes sujeitas a flutuações da superfície freática no subsolo, ou inundações, ficando parcialmente ou totalmente submerso. Nas áreas das planícies aluviais dos córregos, rios e reservatórios, e Planície Litorânea, de cotas mais baixas, sujeitas à ocorrência de inundações, ficando parcialmente ou totalmente submersas, os dutos estarão sujeitos a empuxos de intensidades variáveis, com possibilidade de movimentação ascendente, e a processos de corrosão e colapso de solos porosos e muito estruturados presentes nas suas fundações, como se verá adiante.

Aquífero São Paulo

Encontra-se abrigado pelas rochas sedimentares da Bacia Terciária de São Paulo presentes no Planalto Paulistano, entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, com espessuras de até 250m. Em geral se apresenta semi-confinado ou confinado, mas pode mostrar regime artesiano, nas camadas mais profundas do pacote sedimentar, ou livre, quando exposto nos vales das bacias hídricas dos rios Tietê e Pinheiros, e nas escarpas da Serra do Mar, na forma de nascentes, confundindo-se com os aquíferos freáticos.

Como unidade aquífera, a Formação Resende é a mais espessa e expressiva, com vazões entre 10m^3/h e 40m^3/h, seguida pelas formações São Paulo e Tremembé, e as regiões mais importantes de ocorrência desse aquífero na Cidade de São Paulo, em termos de vazão, situam-se no Brooklin, Santo Amaro e do Astroblema de Colônia, a cerca de 35km da capital (HIRATA & FERREIRA, 2001). As águas apresentam baixa salinidade e são adequadas para usos diversos.

Dentre os poços outorgados pelo Daee no âmbito da AID, apenas dois poços no Município de São Bernardo e três poços em São Paulo se encontram instalados no aquífero São Paulo, onde seu nível estático se encontra entre 12,00m e 148,40m, e apresentam baixas vazões de explotação, variáveis entre 1,70m^3/h e 10,00m^3/h. As pequenas profundidades, de 12m e 20m, com vazões de 1,70m^3/h e 2,00m^3/h, respectivamente, podem ser indicativas de superfície livre para esse aquífero, com forte participação do aquífero freático local e influência deste sobre a sua recarga.

Por se tratar de um aquífero predominantemente profundo, com espessuras irregulares e ocorrências de depressões localizadas (RICCOMINI & COIMBRA, 1992), não será impactado ou terá qualquer influência sobre a dutovia. Nas áreas onde apresenta a superfície livre próxima à superfície do terreno, sua presença e comportamento se confundem com o freático local, sendo considerado no contexto do aquífero freático.

Aquífero pré-Cambriano

O aquífero pré-Cambriano, também chamado aquífero cristalino, encontra-se instalado no maciço rochoso, com o armazenamento e a circulação da água subterrânea ocorrendo, preferencialmente, nas estruturas geológicas. Nas regiões do Planalto Atlântico, Planalto Paulista e da Baixada Santista, pode ocorrer nos solos residuais que recobrem o maciço entre o limite inferior dos aquíferos superficiais e o cristalino, confundindo-se com o aquífero freático, que contribui para a recarga do aquífero de meio fraturado.

As principais estruturas que abrigam esse aquífero são as fraturas do tipo distensional, formadas por alívio de tensões e esforços tectônicos de tração, que se desenvolvem paralelamente ao topo do maciço rochoso, com ocorrência, frequência e abertura maiores na superfície do maciço rochoso, tendendo a diminuir com a profundidade. As fraturas de origem tectônica são formadas por esforços de tração associados a falhamentos e dobramentos, e ocorrem desde a superfície do terreno até as regiões mais profundas do maciço.

Nas regiões dos planaltos e Depressão Periférica Paulista, sua superfície se encontra a profundidades superiores a 100m, sendo interceptado somente por poços tubulares. Na região da escarpa da Serra do Mar pode aflorar na forma de exudório, como nascentes formadas pela chegada de estruturas ou zonas muito fraturadas do maciço, e na faixa litorânea que margeia o Oceano Atlântico é descarregado com fluxo regional ascendente.

É um aquífero semi-confinado a confinado, eventualmente com regime artesiano, e pode apresentar boa potencialidade, desde que o poço tubular intercepte uma ou mais fraturas armazenadoras e condutoras, conhecidas como "riachos-fenda". A água, em geral, é de boa qualidade (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

No cadastro de outorgas concedidas pelo Daee, a quase totalidade de poços tubulares das regiões dos planaltos se encontra instalada no aquífero cristalino. A superfície do aquífero foi atingida entre 1,26m e 103,00m de profundidade, mas é sabido que poços não cadastrados têm atingido profundidades de 300m ou mais. As vazões dos poços outorgados variam de um mínimo de 0,30m^3/h (São Paulo), 0,40m^3/h (Cotia) e 0,70m^3/h (Itupeva) a 10,00m^3/h, e eventualmente até 30,0m^3/h (São Paulo) e 31,5m^3/h (São Bernardo do Campo). Em um poço de Itapecerica da Serra consta a vazão de 450,00m^3/h, devendo tratar-se de um caso excepcional ou de registro incorreto.

Na região da escarpa da Serra do Mar e na Baixada Santista, os poços para exploração deste aquífero são muito raros. Na serra, o abastecimento de água é feito, preferencialmente, por meio de captações nas nascentes, e na Baixada Santista, a captação de água por meio de poços, para consumo humano, encontra restrições na legislação, face à influência do mar sobre a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Pelas pequenas profundidades de implantação da dutovia, o aquífero cristalino poderá ser interceptado, eventualmente, apenas nas áreas onde sua superfície livre se encontrar aflorante ou muito próxima à superfície do terreno, confundindo-se com o aquífero freático local. Nesses casos estará sujeito às condições de regime locais, e não regionais, e será considerado no contexto do aquífero superficial.

10.1.2.4.2 Trecho Campinas–Serrana

Entre o Município de Campinas e o terminal Serrana, ocorrem aquíferos freáticos superficiais instalados nos coluviões, aluviões e solos residuais; Aquífero cristalino; Aquífero Tubarão na Depressão Periférica Paulista; os aquíferos Serra Geral e de intrusivas básicas, e o Aquífero Guarani. Os aquíferos freáticos são explorados por meio de poços, cacimbas e, eventualmente, bombas em poços mais profundos. Os demais aquíferos são explorados por meio de poços tubulares profundos e, nos locais onde sua superfície se encontra muito elevada e livre, também por poços superficiais.

Os totais de poços cadastrados, avaliados por município, e no Município de Ribeirão Preto, obtidos a partir do cadastro dos poços outorgados pelo Daee através do link http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usosrec/daeepocos.asp, utilizados para consumo humano, agropecuária, irrigação, dessedentação de animais, indústria e comércio, são apresentados a seguir.

Município	Total de poços cadastrados
Campinas	406
Monte Mor	43
Sumaré	141
Santa Bárbara-d'Oeste	78
Limeira	155
Iracemápolis	05
Santa Gertrudes	30
Cordeirópolis	33
Araras	52
Rio Claro	81
Corumbataí	05
Leme	18
Santa Cruz da Conceição	01
Pirassununga	20
Descalvado	37
Santa Rita do Passa Quatro	04
Luiz Antônio	11
São Simão	07
Cravinhos	17
Ribeirão Preto	365

Foram considerados apenas os poços mais representativos dos aquíferos interceptados, os quais se encontram relacionados nas **tabelas 10.1.2.4.2-1 a 10.1.2.4.2-11** a seguir, por município atravessado pela dutovia.

TABELA 10.1.2.4.2-1: Poços Selecionados no Município de Campinas (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Campinas	Itararé	7.452.930	275.100	3,00
	Cristalino	7.458.870	280.020	2,00
	Cristalino	7.457.460	284.570	3,00
	Itararé	7.462.480	285.500	2,00
	Itararé	7.453.610	274.930	2,00
	Cristalino	7.454.770	283.260	1,50
	Cristalino	7.455.080	284.070	5,00
	Cristalino	7.454.970	283.040	5,00
	Tubarão / Cristalino	7.460.910	279.200	9,00
	Tubarão / Cristalino	7.461.330	279.680	9,00
	Tubarão	7.461.080	279.650	11,15
	Tubarão / Cristalino	7.460.810	279.590	9,00
	Tubarão	7.461.130	279.210	15,12
	Tubarão	7.460.890	279.290	17,22
	Cristalino	7.455.950	281.220	6,00
	Itararé	7.461.310	280.350	5,00
	Cristalino	7.455.800	283.300	10,00
	Cristalino	7.458.910	284.360	1,20
	Itararé / Cristalino	7.457.100	280.850	7,20
	Itararé	7.455.360	275.390	61,00
	Cristalino	7.461.230	291.420	0,56
	Cristalino	7.460.720	285.910	2,08
	Itararé	7.455.730	283.330	1,00
	Cristalino	7.462.260	286.040	10,00
	Cristalino	7.455.390	283.490	1,38
	Itararé	7.461.880	274.770	10,00
	Cristalino	7.455.610	283.830	1,30
	Cristalino	7.462.200	289.100	2,50
	Itararé	7.458.730	277.610	3,00
	Cristalino	7.459.260	282.040	4,00
	Cristalino	7.459.200	282.360	3,50
	Itararé	7.461.790	275.930	3,00
	Itararé / Cristalino	7.450.660	284.280	29,80
	Itararé / Cristalino	7.451.550	283.100	2,40
	Cristalino	7.453.970	283.410	0,56
	Cristalino	7.453.160	281.170	8,34
	Cristalino	7.453.800	280.020	9,00
	Cristalino	7.454.740	285.890	0,67
	Cristalino	7.453.680	285.790	1,50
	Itararé	7.452.930	275.100	3,00

TABELA 10.1.2.4.2-2: Poços Selecionados no Município de Monte Mor (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Monte Mor	Itararé	7.463.420	265.720	0,50
	Itararé	7.464.590	263.520	1,50
	Itararé	7.464.690	269.970	2,00
	Itararé	7.464.660	269.150	7,20
	Itararé	7.464.760	269.220	9,00
	Itararé	7.463.340	268.400	12,70

TABELA 10.1.2.4.2-3: Poços Selecionados no Município de Sumaré (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Sumaré	Itararé / Serra Geral	7.465.930	264.140	0,50
	Itararé	7.470.120	260.000	3,00
	Itararé	7.470.350	263.490	21,00
	Tubarão	7.469.740	261.360	2,00
	Itararé	7.472.300	267.050	9,20
	Itararé	7.465.610	265.230	30,00
	Itararé	7.470.470	264.030	4,40
	Itararé	7.470.850	262.090	1,50
	Itararé	7.470.760	262.180	1,40

TABELA 10.1.2.4.2-4: Poços Selecionados no Município de Santa Bárbara-d'Oeste (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Santa Bárbara-d'Oeste	Itararé	7.476.220	250.950	10,00
	Itararé	7.478.870	254.120	8,00
	Tatuí / Itararé	7.474.190	254.600	2,40
	Itararé	7.475.350	254.890	8,00
	Itararé	7.474.310	255.700	21,00
	Itararé	7.474.590	255.940	12,00
	Itararé	7.478.220	257.280	7,00

TABELA 10.1.2.4.2-5: Poços Selecionados no Município de Limeira (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Limeira	Itararé	7.493.050	246.090	8,00
	Diabásio	7.513.050	246.120	1,32
	Tatuí / Itararé	7.488.640	246.180	0,50
	Itararé	7.488.110	248.710	0,50
	Itararé	7.497.680	248.910	1,00
	Itararé	7.502.120	249.130	1,00
	Tatuí/ Itararé	7.501.040	249.300	5,00
	Itararé	7.482.120	249.990	20,00
	Itararé	7.502.990	250.070	8,00

TABELA 10.1.2.4.2-6: Poços Selecionados no Município de Cordeirópolis (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Cordeirópolis	Itararé	7.512.430	244.480	12,00
	Itararé	7.512.440	244.490	15,00
	Corumbataí	7.513.200	244.810	2,00
	Itararé	7.512.390	244.890	14,00
	Tatuí	7.510.880	245.470	10,00
	Corumbataí	7.512.240	246.040	14,40
	Itararé	7.513.790	246.070	9,00
	Diabásio	7.513.050	246.120	1,32

TABELA 10.1.2.4.2-7: Poços Selecionados nos Municípios de Araras e Rio Claro (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Araras	Tubarão	7.528.000	251.700	12,00
	Tubarão	7.523.470	251.750	30,15
	Tubarão	7.527.000	252.050	6,00
	Tubarão	7.523.610	252.330	8,50
	Tubarão	7.524.920	252.450	8,00
	Itararé	7.523.450	252.780	2,20
	Tubarão / Cristalino	7.524.870	252.910	4,55
	Itararé	7.524.100	253.100	12,00
	Tubarão	7.519.370	253.340	2,50
	Aquidauana	7.526.250	253.500	12,00
	Tubarão	7.524.320	253.560	13,00
	Tubarão	7.525.850	253.570	2,00
	Aquidauana	7.526.350	253.600	12,00
	Tubarão / Intrusiva básica	7.522.740	253.640	1,00
	Tubarão	7.519.210	253.800	18,00
	Tubarão	7.519.560	253.840	4,00
	Tubarão	7.524.090	253.980	2,00
Rio Claro	Itararé	7.521.180	238.110	12,00
	Corumbataí	7.514.560	238.300	450,00
	Corumbataí	7.525.130	239.640	2,50

TABELA 10.1.2.4.2-8: Poços Selecionados nos Municípios de Corumbataí, Leme, Santa Cruz da Conceição e Pirassununga (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Corumbataí	Tubarão	7.539.520	243.390	2,00
Leme	Serra Geral	7.544.480	251.420	1,00
	Corumbataí	7.544.840	253.900	0,75
	Tubarão	7.544.990	254.030	2,50
	Tubarão	7.545.600	254.600	24,00
	Tubarão	7.545.600	254.680	39,60
	Tubarão	7.545.630	254.550	24,00
	Corumbataí	7.545.660	254.650	6,00
Santa Cruz da Conceição	Serra Geral	7.595.320	319.220	110,00
Pirassununga	Itararé	7.566.910	242.710	5,00
	Pirambóia	7.665.400	240.000	7,20
	Itararé	7.665.500	240.300	7,00

TABELA 10.1.2.4.2-9: Poços Selecionados no Município de Descalvado (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Descalvado	Pirambóia	7.566.910	242.710	5,00
	Pirambóia	7.665.400	240.000	7,20
	Botucatu / Pirambóia	7.665.500	240.300	7,00
	Botucatu / Pirambóia	7.559.230	220.290	13,00
	Botucatu / Pirambóia	7.559.590	221.240	24,00
	Serra Geral	7.564.350	224.160	31,00
	Pirambóia	7.568.400	220.050	468,20
	Serra Geral	7.569.240	229.310	5,00
	Pirambóia	7.571.150	230.600	14,40
	Pirambóia	7.573.250	228.020	10,00
	Pirambóia	7.573.410	232.720	8,00
	Pirambóia	7.573.930	232.900	4,40
	Botucatu	7.575.980	234.560	5,00
	Botucatu	7.579.350	228.730	28,00
	Botucatu	7.580.600	228.390	2,45
	Botucatu	7.583.230	228.840	30,00
	Botucatu	7.592.850	221.560	135,00
	Botucatu	7.592.930	219.560	30,00
	Botucatu	7.593.040	220.760	100,00

TABELA 10.1.2.4.2-10: Poços Selecionados nos Municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Cravinhos (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Santa Rita do Passa Quatro	Botucatu	7.587.990	241.140	5,00
	Corumbataí	7.591.260	240.850	3,00
Luiz Antônio	Serra Geral	7.614.450	219.000	36,00
	Botucatu / Pirambóia	7.618.220	212.970	11,00
	Botucatu	7.604.800	214.300	56,40
	Botucatu / Pirambóia	7.619.650	215.090	460,00
	Botucatu	7.614.640	220.400	47,00
São Simão	Botucatu / Pirambóia	7.628.530	227.690	230,00
	Botucatu / Pirambóia	7.619.880	231.090	5,00
	Serra Geral / Botucatu	7.615.360	230.120	5,00
	Botucatu	7.615.890	226.440	4,00
Cravinhos	Botucatu	7.633.940	221.350	72,00
	Botucatu	7.633.970	221.190	251,40
	Serra Geral	7.633.230	221.950	251,40
	Botucatu	7.648.610	224.750	10,0
	Serra Geral	7.642.320	223.980	12,0
	Botucatu	7.640.290	220.550	6,00

TABELA 10.1.2.4.2-11: Poços Selecionados no Município de Ribeirão Preto (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Ribeirão Preto	Botucatu / Pirambóia	7.652.600	221.450	14.12
	Botucatu / Pirambóia	7.653.500	218.030	89.00
	Botucatu	7.654.000	215.900	214.00
	Botucatu	7.655.020	217.250	5.00
	Botucatu	7.654.540	217.500	2.00
	Botucatu	7.654.510	217.850	2.00
	Botucatu	7.655.050	218.450	1.00
	Botucatu	7.654.590	217.660	4.00
	Botucatu	7.653.100	217.700	1.00
	Botucatu	7.654.600	218.600	1.00
	Botucatu	7.654.850	218.500	3.00
	Botucatu	7.654.450	218.300	2.00
	Botucatu / Pirambóia	7.654.180	217.210	1.00
	Botucatu / Pirambóia	7.652.240	216.710	23.00
	Botucatu	7.653.110	221.100	7.20

Aquíferos Freáticos

Apresentam-se livres, podendo ser interceptados pela dutovia nas regiões mais baixas do relevo como fundos de vales e planícies aluviais, onde a superfície piezométrica se encontra a pequenas profundidades e sofre influência direta das flutuações dos níveis-d´água dos rios e represas. Em função da topografia e época do ano, pode ser interceptado nas regiões mais elevadas, em geral abaixo na base ou abaixo dos depósitos cenozóicos.

Encontram-se instalados nas camadas de solos residuais, e nos locais onde afloram os sedimentos da Bacia do Paraná podem estar instalados no topo dos sedimentos dos grupos Tubarão, Passa Dois e São Bento, e topo do maciço rochoso de rochas basálticas e intrusivas básicas tabulares. Nos sedimentos, esses aquíferos pode se encontrar em regime artesiano, determinado pela presença de camadas argilosas, podendo ocorrer ascensão da superfície freática quando da abertura de valas para a implantação dos dutos.

Suas superfícies livres podem aflorar nos fundos dos vales e nos pontos mais baixos das encostas, onde formam nascentes perenes ou intermitentes, podem ser sub-aflorantes ou se encontrar a mais de 10m de profundidade. Na vertente do Planalto Ocidental, em região de serra com menores espessuras de solo, pode aflorar em nascentes perenes ou intermitentes instaladas na rocha. Nas regiões dos terminais, encontram-se entre 2,29m e 25,31m em Santa Bárbara-d'Oeste, na base dos sedimentos cenozóicos e topo do Subgrupo Itararé, e entre 8,19m e 13,45m em Serrana, no topo dos solos residuais do Arenito Botucatu.

A partir do cadastro de poços do Daee, foram obtidas informações quanto ao potencial de exploração desses aquíferos. Foram considerados os poços de captação subterrânea conforme disponível nos municípios de Campinas (60), Monte Mor (1), Sumaré (1), Santa Bárbara d'Oeste (1), Limeira (1), Cordeirópolis (2), Araras (1), Rio Claro (7), Leme (3), Corumbataí (3), Pirassununga (2), São Simão (1), Cravinhos (19) e Ribeirão Preto (42).

Entre os municípios de Campinas e Rio Claro, as vazões se apresentam muito baixas, com valores entre 0,00m^3/h e 5,00m^3/h. Em Leme, as vazões apresentam valores entre 0,00m^3/h e 5,00m^3/h, mas de até 60,00m^3/h, talvez relacionada ao Grupo Tubarão. De Corumbataí a Serrana, variam entre 0,10m^3/h e 3,00m^3/h, com até 30,00m^3/h e 20,00m^3/h em Pirassununga e Ribeirão Preto, respectivamente, associadas à Formação Botucatu.

Quando implantado em áreas onde a superfície freática se encontrar muito elevada, próximo à superfície do terreno, a dutovia poderá estar parcial ou totalmente submerso, ficando sujeito às flutuações do nível-d´água no subsolo e a inundações. Com tais oscilações, os dutos estarão sujeitos a movimentações provocadas por empuxos de intensidades variáveis, processos de corrosão e colapso de solos porosos, em especial quando relacionados aos depósitos cenozóicos.

Aquífero pré-Cambriano ou Cristalino

O aquífero pré-Cambriano ou aquífero cristalino se encontra instalado no maciço rochoso da região de Campinas e, eventualmente, nos solos residuais entre o limite inferior dos aquíferos superficiais e o cristalino, confundindo-se com o aquífero freático. As estruturas que, via-de-regra, abrigam esse aquífero, são as fraturas do tipo distensional, formadas por alívio de tensões e esforços tectônicos de tração, paralelas ao topo do maciço rochoso, cuja frequência, espaçamento e abertura tendem a diminuir com a profundidade.

Em geral é explorado a profundidades superiores a 200m, sendo interceptado somente por poços tubulares, e pode apresentar boa potencialidade, desde que o poço intercepte uma ou mais fraturas armazenadoras e condutoras. A água é de boa qualidade (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

Dentre os poços selecionados no cadastro de outorgas do Daee, foram identificados 27 poços instalados no aquífero cristalino, sendo que cinco destes poços também captam água de aquíferos sedimentares do Grupo Tubarão. As vazões variam de um mínimo de 0,56m^3/h até 10,00m^3/h, mas há registro de um poço com vazão de 29,80m^3/h, que também interceptou o Subgrupo Itararé, cujos arenitos apresentam grande potencial aquífero.

Como a dutovia será implementada a pequenas profundidades, esse aquífero poderá ser interceptado, eventualmente, apenas se encontrar aflorante ou muito próximo da superfície do terreno, estando sujeito às condições de regime do aquífero freático local.

Aquífero Tubarão

No Grupo Tubarão, os arenitos do Subgrupo Itararé constituem a principal unidade aquífera, seguidos pelos arenitos da Formação Aquidauana. Os demais sedimentos e as formações Tatuí, Rio Bonito e Palermo, constituídas por siltitos, arenitos, e folhelhos, são pouco significativos, daí a grande heterogeneidade das vazões encontradas nos poços. Na região de Campinas, os poços mais produtivos se encontram próximos a lineamentos, influenciados pela presença de corpos intrusivos tabulares e fraturas mais permeáveis, que aumentam o potencial de produção do aquífero.

Segundo os poços selecionados no cadastro de outorgas do Daee, na AID e seu entorno, o Aquífero Tubarão é explorado nos municípios de Campinas, Monte Mor, Sumaré, Santa Bárbara-d'Oeste, Limeira, Cordeirópolis, Araras, Rio Claro, Corumbataí, Leme e Pirassununga. Sua superfície se encontra em torno de 20m de profundidade, e as águas são de boa qualidade (DAEE, 1981 e 1982).

No Município de Campinas, 13 poços se encontram instalados no Subgrupo Itararé, com vazões entre 2,00m^3/h e 29,80m^3/h. Nos demais municípios, o Itararé é explorado em seis poços em Monte Mor (com vazões de 0,50m^3/h a 12,70m^3/h), oito em Sumaré (0,50m^3/h a 30,00m^3/h), sete em Santa Bárbara d'Oeste (2,40m^3/h a 21,00m^3/h), oito em Limeira (0,50m^3/h a 20,00m^3/h), quatro em Cordeirópolis (9,00m^3/h a 15,00m^3/h), três em Araras (2,20m^3/h a 12,00m^3/h), um em Rio Claro (12,00m^3/h) e dois em Pirassununga (5,00m^3/h e 7,00m^3/h).

O Grupo Tubarão é registrado, de forma genérica, em três poços no município de Campinas (9,00m^3/h, um em Sumaré (2,00m^3/h), 13 em Araras (1,00m^3/h a 30,15m^3/h), um em Corumbataí (2,00m^3/h) e quatro em Leme (2,50m^3/h a 39,60m^3/h). No Município de Araras foram registrados dois poços na Formação Aquidauana, com vazões de 12,70m^3/h, e a Formação Tatuí é explorada em um poço em Santa Bárbara d'Oeste (2,40m^3/h) e dois poços em Limeira (0,50m^3/h e 5,00m^3/h), juntamente com o Itararé, e um poço em Cordeirópolis (10,00m^3/h).

Também foram registrados poços instalados na Formação Corumbataí, do Grupo Passa Dois, sendo um construído em Cordeirópolis (com vazão de 2,00m^3/h), dois em Rio Claro (2,50m^3/h e 450,00m^3/h), dois em Leme (0,75m^3/h e 6,00m^3/h) e um em Santa Rita do Passa Quatro (5,00m^3/h). Embora esse Grupo seja considerado um aquiclude, a presença de bancos de arenitos carbonáticos e calcários na Formação Corumbataí permite um bom armazenamento de água em compartimentos dessa unidade.

Considerando-se a pequena profundidade em que será implantada a dutovia, o Aquífero Tubarão poderá ser interceptado pelo empreendimento somente quando sua superfície se encontrar muito próxima da superfície do terreno, sendo considerado no contexto do aquífero freático local.

Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani se encontra instalado nos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, do Grupo Serra Geral, e ocorre praticamente livre ao longo da Depressão Periférica Paulista. Encontra-se predominantemente confinado desde a Depressão Periférica Paulista até o extremo oeste do Estado de São Paulo, e suas espessuras atingem mais de 400m (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005).

As vazões explotáveis desse aquífero podem atingir 360m^3/h (JACOB, 1969 *apud* CUSTÓDIO & LLAMAS, 1976), e suas águas são de boa qualidade, mas com a baixa proximidade da superfície livre, podem apresentar nitratos na região aflorante, provenientes de fossas negras e defensivos agrícolas, ferro e flúor, provavelmente da decomposição das rochas (FRAGA, 1992).

No trecho compreendido entre o terminal Serrana e o Município de Descalvado, e no terminal Botucatu, a dutovia irá se desenvolver sobre o Aquífero Guarani, que se apresenta livre. No terminal Serrana, as sondagens realizadas interceptaram sua superfície entre 8,19m e 13,45m de profundidade, e no terminal Botucatu ela foi encontrada a 4,15m e 4,19m.

Conforme se observa no cadastro do Daee, os poços outorgados na AID e seu entorno que exploram o Aquífero Guarani se encontram nos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana. Próximo à dutovia, no Município de Ribeirão Preto, 11 poços se encontram instalados nos sedimentos do Botucatu, e quatro no Botucatu / Pirambóia, com vazões de 1,00m^3/h a 214,00m^3/h, e 1,00m^3/h a 89,00m^3/h, respectivamente.

Nos municípios citados, a exploração é feita por poços instalados nas duas formações que abrigam o aquífero, sendo 17 poços em Descalvado (com vazões entre 4,40m^3/h e 468,20m^3/h), um em Santa Rita do Passa Quatro (5,00m^3/h), quatro em Luiz Antônio (11,00m^3/h a 460,00m^3/h), quatro em São Simão (4,00m^3/h a 230,00m^3/h) e quatro em Cravinhos (6,00m^3/h a 251,40m^3/h).

Pela sua pequena profundidade, a dutovia não irá interceptar o Aquífero Guarani ou sofrer qualquer influência deste, salvo nos eventuais locais onde sua superfície livre se sobrepuser ao aquífero freático, quando será considerado como o freático local.

Aquíferos de basaltos e rochas intrusivas básicas planares

Os aquíferos instalados nos basaltos da Formação Serra Geral e diques, sills e corpos tabulares de diabásios se desenvolvem na borda do Planalto Ocidental Paulista e na Depressão Periférica Paulista. São de meio fraturado, com armazenamento da água nas fraturas e juntas presentes no maciço rochoso, e também de meio poroso, com armazenamento nos solos residuais que recobrem o maciço e acabam por contribuir para a recarga do aquífero de meio fraturado.

As principais fraturas responsáveis pela condução e armazenamento de água se desenvolvem paralelamente ao topo do maciço rochoso e estão associadas aos processos de intemperismo, pois se formam pelo alívio das tensões, pela redução das cargas aplicadas sobre o maciço. Sendo assim, são maiores na superfície e tendem a diminuir até se extinguir em maiores profundidades.

Encontram-se a profundidades superiores a 100m, sendo interceptados somente por poços tubulares profundos, mas também podem aflorar como exutórios, na forma de nascentes nas encostas e fundos de vales. As maiores vazões foram registradas em poços nos basaltos da Formação Serra Geral, onde atingiram até 100m³/h.

Na AID e seu entorno, a exploração desses aquíferos foi registrada nos municípios de Sumaré, Limeira, Cordeirópolis, Araras, Leme, Santa Cruz da Conceição, Descalvado, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana. No trecho entre Sumaré e Leme, as vazões obtidas em um poço em cada município variam entre 0,50m3/h e 1,32m3/h, associadas ao corpos tabulares de diabásio.

De Santa Cruz da Conceição a Cravinhos são sensivelmente mais elevadas, associadas aos basaltos da Formação Serra Geral. A exploração é feita por um poço em Santa Cruz da Conceição, com vazão de 110,00m3/h, dois em Descalvado (5,00m3/h e 31,00m3/h), um em Luiz Antônio (36,00m3/h), um em São Simão (5,00m3/h) e um em Cravinhos (12,00m3/h).

Como esses aquíferos são característicos de meio fraturado, estando abrigados pelo maciço rochoso, só haverá uma eventual interceptação dos mesmos pela dutovia quando forem realizadas escavações em rocha no topo do maciço. Ainda assim, a superfície livre do aquífero deverá estar muito elevada, o que só ocorre em áreas de nascentes.

10.1.2.4.3 Trecho Botucatu – Paulínia

As unidades aquíferas presentes no trecho compreendido entre os terminais Botucatu e Paulínia compreendem os aquíferos freáticos superficiais instalados nos depósitos cenozóicos, aluviões e solos residuais; Aquífero cristalino; Aquífero Tubarão; aquíferos de intrusivas básicas e, de forma muito localizada, no extremo oeste do trecho, o Aquífero Guarani. Sua exploração é realizada por meio de poços, cacimbas e bombas no caso dos aquíferos freáticos, e por poços tubulares profundos e poços superficiais nos demais aquíferos.

Os poços cadastrados, por município atravessado pela dutovia, foram obtidos a partir do cadastro dos poços outorgados pelo Daee através do link http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usosrec/daeepocos.asp. De modo geral são utilizados para consumo humano, agropecuária, irrigação, dessedentação de animais, indústria e comércio. Os totais de poços pesquisados são apresentados a seguir.

Município	Total de poços cadastrados
Anhembi	03
Piracicaba	114
Saltinho	06
Rio das Pedras	11
Santa Bárbara d'Oeste	78
Nova Odessa	69
Pauliínia	76

Nas **tabelas 10.1.2.4.3-1 a 10.1.2.4.3-5** a seguir, são apresentados os poços selecionados como mais representativos dos aquíferos interceptados.

TABELA 10.1.2.4.3-1: Poços Selecionados no Município de Piracicaba (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Piracicaba	Itararé	7.477.860	227.430	1,50
	Tatuí / Itararé	7.479.180	228.060	3,00
	Itararé	7.477.820	227.560	3,00
	Itararé	7.479.660	226.970	1,00
	Tatuí / Itararé	7.472.440	215.360	2,00
	Pirambóia	7.474.300	219.600	10,00
	Itararé	7.476.940	214.560	2,50
	Tatuí / Itararé	7.476.950	214.850	1,00
	Pirambóia	7.476.880	215.140	4,50
	Itararé	7.473.390	212.920	2,50
	Corumbataí	7.478.620	234.100	12,00
	Itararé	7.478.080	227.560	2,50
	Tatuí	7.477.390	234.930	10,00

TABELA 10.1.2.4.3-2: Poços Selecionados nos Municípios de Saltinho e Rio das Pedras (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Saltinho	Tubarão	7.465.700	223.200	15,00
	Tubarão	7.465.700	220.800	1,70
	Itararé	7.466.790	221.770	1,70
	Corumbataí	7.471.910	223.600	3,00
Rio das Pedras	Tubarão	7.471.020	232.020	9,90
	Itararé	7.472.050	233.070	15,00
	Tatuí / Itararé	7.472.200	233.450	20,00
	Itararé	7.470.350	237.900	2,00
	Itararé	7.469.560	239.290	27,80

TABELA 10.1.2.4.3-3: Poços Selecionados no Município de Santa Bárbara d'Oeste (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Santa Bárbara d'Oeste	Itararé	7.479.080	247.610	12,00
	Itararé	7.473.230	249.480	5,00
	Itararé	7.476.220	250.950	10,00
	Itararé	7.479.460	252.910	30,00
	Itararé	7.479.470	253.420	5,00
	Itararé	7.478.870	254.120	8,00
	Itararé	7.479.600	254.220	10,00
	Tatuí / Itararé	7.474.190	254.600	2,40
	Itararé	7.475.350	254.890	8,00
	Itararé	7.479.250	255.600	15,00
	Itararé	7.474.310	255.700	21,00
	Itararé	7.479.220	255.850	3,00
	Itararé	7.479.180	255.910	3,00
	Itararé	7.474.590	255.940	12,00
	Itararé	7.479.270	256.230	9,90
	Itararé	7.479.420	256.360	20,31
	Itararé	7.479.150	256.380	15,23
	Itararé	7.478.220	257.280	7,00

TABELA 10.1.2.4.3-4: Poços Selecionados no Município de Nova Odessa (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Nova Odessa	Itararé	7.479.620	263.430	10,00
	Itararé	7.480.510	268.490	6,00
	Itararé	7.482.790	271.520	0,50
	Itararé	7.480.540	268.800	10,00
	Itararé	7.479.490	262.940	5,00
	Itararé	7.479.230	261.590	3,00
	Itararé / Diabásio	7.479.450	261.350	10,00
	Itararé	7.480.690	268.620	7,50
	Itararé	7.479.040	262.390	20,00
	Itararé	7.481.670	261.480	1,80
	Itararé	7.479.660	263.130	7,00
	Itararé	7.480.880	268.420	16,00
	Itararé	7.479.180	265.070	12,00
	Itararé	7.480.560	264.510	25,00
	Itararé	7.480.020	262.580	8,00
	Itararé	7.480.540	263.220	4,00
	Itararé	7.479.330	261.820	5,00
	Itararé	7.480.440	269.020	9,00
	Itararé	7.480.190	270.180	1,50

TABELA 10.1.2.4.3-5: Poços Selecionados no Município de Paulínia (DAEE, 2009)

Município	Aquífero	Coordenadas		Vazão (m^3/h)
		Norte	Leste	
Paulínia	Itararé	7.480.900	282.840	1,00
	Itararé	7.485.990	278.380	10,00
	Itararé	7.480.220	277.860	2,00
	Itararé	7.482.900	274.050	2,00
	Cristalino	7.482.840	279.420	14,20
	Itararé / Cristalino	7.482.900	274.050	0,97
	Cristalino	7.482.900	275.530	3,00
	Cristalino	7.481.930	279.850	13,60
	Cristalino	7.482.060	277.510	5,00
	Tubarão	7.479.990	278.930	8,00
	Tubarão	7.480.300	273.980	5,00
	Cristalino	7.482.370	279.500	8,00
	Cristalino	7.480.950	278.660	1,00
	Itararé	7.480.360	277.890	2,50

Aquíferos Freáticos

Poderão ser interceptados pela dutovia nos fundos de vales e planícies aluviais, onde sua superfície piezométrica sofre influência direta das flutuações dos níveis de base, como rios, córregos e represas. Também poderão ser interceptados nas regiões mais elevadas, em especial nos períodos chuvosos.

Desenvolvem-se nos coluviões, aluviões e solos residuais em geral, e no topo dos sedimentos da Bacia do Paraná, do maciço rochoso de rochas intrusivas básicas tabulares e do cristalino, quando estes se encontram aflorantes ou próximos à superfície do terreno. Nos sedimentos e solos de rochas do cristalino podem apresentar regime artesiano, determinados pela presença de camadas argilosas.

Formam nascentes perenes ou intermitentes nos fundos dos vales e encostas, e podem se apresentar sub-aflorantes ou a mais de 20m de profundidade, como no terminal de Santa Bárbara d'Oeste, onde se encontra instalado nos sedimentos cenozóicos e topo do Subgrupo Itararé, entre 2,29m e 25,31m de profundidade. Nas regiões de relevo acidentado, podem aflorar em nascentes perenes ou intermitentes instaladas no maciço rochoso.

O potencial de exploração desses aquíferos foi obtido a partir do cadastro de poços do Daee, considerando-se as outorgas de captação subterrânea do lençol freático. Foram avaliados os registros disponíveis nos municípios de Anhembi (1), Piracicaba (9), Nova Odessa (6) e Paulínia (56).

As vazões registradas variaram entre 0,00m^3/h e 20,00m^3/h, sendo maiores as obtidas nos poços de Piracicaba (12,00m^3/h), Anhembi (20,00m^3/h) e Paulínia (10,26m^3/h). Os valores mais significativos vazões devem estar relacionadas aos sedimentos do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão, e da Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois.

Nas áreas onde a superfície freática se encontrar muito elevada, a dutovia poderá se encontrar parcial ou totalmente submerso, ficando sujeito às flutuações do nível-d´água no subsolo e a inundações. Como consequência, poderiam ocorrer movimentações dos dutos provocadas por empuxos, corrosão e, quando implantados em depósitos cenozóicos de solos com natureza porosa, ocorrência de colapso do terreno por carregamento seguido de saturação.

Aquífero pré-Cambriano ou Cristalino

Desenvolve-se no maciço rochoso das regiões de Caieiras e Paulínia, e nos solos residuais abaixo dos aquíferos superficiais, quando então se superpõem ao aquífero freático. São abrigados por fraturas distensionais de alívio de tensões, as quais se dispõem paralelamente ao topo do maciço rochoso, onde são mais abertas e têm maior capacidade de condução e armazenamento de água, e por fraturas originadas por esforços tectônicos de tração.

São explorados por poços tubulares profundos com mais de 200m de profundidade, podem apresentar, em alguns casos, boas vazões, e sua água é de boa qualidade (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005). Dos poços selecionados no cadastro de outorgas do Daee, apenas em Paulínia foram identificados poços instalados no aquífero cristalino, sendo que um desses poços também capta água da Formação Itararé, do Grupo Tubarão. As vazões variam de 0,97m^3/h a 14,20m^3/h.

Esse aquífero poderá ser interceptado pela dutovia a pequenas profundidades, quando o mesmo se encontrar aflorante ou muito próximo da superfície do terreno, confundiso-se com o aquífero freático. Nesses casos, poderão ocorrer problemas de ascensão dos dutos por flutuação.

Aquífero Tubarão

Nesse trecho, os arenitos do Subgrupo Itararé constituem a principal unidade aquífera do Grupo Tubarão, mas também se desenvolvem sedimentos das formações Tatuí, do mesmo grupo, e da Formação Corumbataí, do Grupo Passa Dois. Segundo o cadastro do Daee, o Aquífero Tubarão é explorado nos municípios de Piracicaba, Saltinho, Rio das Pedras, Santa Bárbara d'Oeste, Nova Odessa e Paulínia, e a água é de boa qualidade (DAEE, 1981 e 1982). Em Santa Bárbara d'Oeste, sua superfície se encontra entre 15,50m e 18,30m de profundidade.

Considerando-se a AID e seu entorno, o Subgrupo Itararé é explorado em nove poços no Município de Piracicaba, com vazões entre 1,00m^3/h e 3,00m^3/h, sendo três deles juntamente com a Formação Tatuí, um em Saltinho (1,70m^3/h), três em Rio das Pedras (2,00m^3/h a 27,80m^3/h), 18 em Santa Bárbara d'Oeste (3,00m^3/h a 21,00m^3/h), 18 em Nova Odessa (0,50m^3/h a 25,00m^3/h) e seis em Paulínia, sendo um deles juntamente com o cristalino (0,97m^3/h e 10,00m^3/h).

Também foi registrado o Grupo Tubarão, sem especificação da formação geológica, em dois poços no Município de Saltinho (1,70m^3/h e 15,00m^3/h), um em Rio das Pedras (9,90m^3/h) e dois em Paulínia (5,00m^3/h e 8,00m^3/h). Nos municípios de Piracicaba, Rio das Pedras e Santa Bárbara d'Oeste foram registrados poços instalados na Formação Tatuí, juntamente com a Formação Itararé, com vazões de 1,00m^3/h a 3,00m^3/h, 20,00m^3/h e 2,40m^3/h, respectivamente.

Nos municípios de Piracicaba e Saltinho foi registrado um poço instalado na Formação Corumbataí, do Grupo Passa Dois, em cada município, com vazões de 12,00m^3/h e 3,00m^3/h, respectivamente. Devem estar instalados em arenito e/ou calcário, que permitem armazenamento de água, pois o Grupo Passa Dois é caracterizado com aquiclude.

Em vista das pequenas profundidades de implantação da dutovia, o Aquífero Tubarão seria interceptado pelo empreendimento somente quando a superfície do mesmo se encontrar muito elevada, confundindo-se com o aquífero freático local e com as mesmas implicações deste, conforme descrito para outras unidades.

Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani é abrigado pelos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, e ocorre desconfinado e aflorante ao longo da Depressão Periférica Paulista nesse trecho da dutovia (DAEE / IG / IPT / CPRM, 2005). Os poços construídos nessa unidade podem apresentar vazões muito significativas e suas águas são de boa qualidade, mas podem conter nitratos de fossas negras e defensivos agrícolas, ferro e flúor (FRAGA, 1992).

Sua ocorrência nesse trecho da dutovia está restrita ao seu extremo oeste, tendo sido sua superfície livre interceptada a 4,15m e 4,19m de profundidade pelas sondagens realizadas no terminal Botucatu. Dos poços outorgados pelo Daee na AID e seu entorno, apenas um poço no Município de Piracicaba explora o Aquífero Guarani, na Formação Pirambóia, com vazão registrada de 10,00m^3/h.

Apesar da pequena profundidade em que será implementada a dutovia não irá interceptar esse aquífero, mas poderá se encontrar muito próximo do mesmo na região do terminal Botucatu. Nesse caso deverá ser considerado no contexto do freático local.

Aquíferos de rochas intrusivas básicas planares

Na Depressão Periférica Paulista podem ser encontrados aquíferos instalados nos diques, sills e corpos tabulares de diabásios, de meio fraturado, com armazenamento da água nas fraturas e juntas Do maciço rochoso, e de meio poroso, nos solos residuais oriundos destas rochas.

As principais fraturas responsáveis pela condução e armazenamento de água se desenvolvem paralelamente ao topo do maciço rochoso. São explorados por poços tubulares profundos a profundidades superiores a 100m, mas também podem aflorar como nascentes nas encostas e fundos de vales.

Considerando-se a AID e seu entorno, foi registrado apenas um poço no Município de Nova Odessa que explora esse aquífero, juntamente com o Subgrupo Itararé, instalado em diabásio e com vazão de 10,00m3/h.

Só haverá interceptação desses aquíferos pela dutovia quando forem realizadas escavações em rocha no topo do maciço e sua superfície se encontrar muito elevada, pois os mesmos são característicos de meio fraturado.

10.1.2.4.4 Conclusões sobre a Hidrogeologia da AID

Os aquíferos superficiais e profundos presentes no trecho Guarujá-Campinas apresentam, em geral, baixas vazões de explotação, obtendo-se vazões mais significativas apenas a grandes profundidades. Como a dutovia será implantada a pequenas profundidades, haverá interferência dos aquíferos com a mesma apenas nas áreas sujeitas a flutuações da superfície freática no subsolo, ou de ocorrência de inundações, ficando as tubulações sujeitas a flutuação, corrosão, colapso e contaminações nos casos de eventuais vazamentos.

Nos trechos Campinas-Serrana e Botucatu-Paulínia, a influência mais significativa dos aquíferos superficiais sobre a dutovia também se observará nas áreas inundáveis ou com flutuações significativas da superfície freática. As maiores vazões de explotação foram observadas nos poços instalados no aquífero Tubarão e, principalmente, no aquífero Guarani, em geral a maiores profundidades, fora da influência da dutovia. Os aquíferos em meio fraturado, relacionados às rochas básicas e do cristalino, são de importância secundária como recurso hídrico, exceto em casos isolados relacionados a condicionantes hidrológicos locais.

10.1.2.5 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

Especificamente quanto à ADA do empreendimento ahidrogeologia foi estudada com base nos dados primários obtidos nas áreas dos futuros terminais. As investigações realizadas compreenderam sondagens à percussão para estudo das características geológico-geotécnicas dos materiais e profundidade do nível do lençol freático, visando o projeto de Engenharia, e instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras de água e análises químicas para estudo de eventuais passivos ambientais.

10.1.2.5.1 Terminal Guarujá

Em 03 e 04 de abril de 2009, foram realizadas três sondagens à percussão na área do terminal Guarujá, denominadas SP-01 a SP-03, até as profundidades de 13,73m, 26,25m e 28,21m, respectivamente.

A investigação de passivo ambiental foi realizada entre maio e junho de 2009, e compreendeu a execução de 18 sondagens a trado até profundidades entre 0,70m e 4,10m, e a construção de 16 poços de monitoramento denominados PM-01 a PM-16, instalados entre 2,00m e 4,30m de profundidade. No **Anexo 17.X A-1** é apresentado o relatório completo da pesquisa realizada, com a localização e informações sobre as investigações, e mapa potenciométrico com indicação dos sentidos de fluxo das águas subterrâneas locais.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local compreende duas unidades hidrogeológicas representadas por um aquífero superior ou freático e outro inferior ou profundo. A área sofre influência das oscilações das marés, com dinâmica fluvial do tipo drenante. A presença de águas com naturezas químicas diversas, associadas aos processos de eflúvio e deflúvio que caracterizam a região imprimem caráter salobro às águas do córrego local e ao compartimento superior das águas subterrâneas.

Pela natureza e nível de abrangência dos estudos desenvolvidos pela ANGEL, os poços de monitoramento interceptaram, apenas, o aquífero superior, que é do tipo livre e raso, de meio poroso, anisotrópico e não homogêneo, com sua superfície entre 0,75m e 1,76m de profundidade. Possivelmente o mesmo se desenvolve até mais de 30m de profundidade, quando deve se iniciar o aquífero profundo.

Com base nas sondagens realizadas, foram identificadas as unidades hidrogeológicas presentes na área, as quais são descritas a seguir, do topo para a base do perfil de solo.

- Aterros de natureza argilosa ou arenosa de coloração marrom, cinza ou amarela, com espessuras entre 1,70m e 2,00m.

- Sedimentos de mangue e pântanos de natureza argilosa com 1,50m a 2,90m de espessura, representados por argilas orgânicas pouco arenosas muito moles, de coloração preta, com detritos vegetais.

- Sedimentos Flúvio-lagunares argilosos constituídos por argilas pouco arenosas muito moles, de coloração cinza escura e espessuras entre 9,90m e 20,50m.

- Solo residual de gnaisse, arenoso fino a médio, pouco siltoso ou argiloso, pouco a muito compacto, de coloração cinza e amarela. Apresenta espessuras muito variáveis entre 0,23m e 11,25m, estando o topo rochoso entre 13,73m e 28,21m de profundidade.

O fluxo das águas subterrâneas na porção superior do aquífero apresenta direção preferencial de Sudeste para Noroeste, no sentido do córrego local. A recarga do aquífero se dá de forma principalmente difusa, por infiltração das águas das chuvas e das marés de cheias, e sua descarga é feita no córrego. Conforme o modelo hidrogeológico regional, o fluxo subterrâneo nas camadas mais profundas deve apresentar uma componente vertical ascendente, com caráter mais amplo em relação à ADA.

10.1.2.5.2 Terminal RMSP (Caieiras)

A área do terminal RMSP (Caieiras) foi investigada por meio de três sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-03, até as profundidades de 18,45m, 20,45m e 25,45m, respectivamente.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local deve compreender um aquífero superior ou freático, de meio poroso, e outro profundo, de meio fraturado. As sondagens interceptaram, apenas, o aquífero superior, do tipo livre, nas profundidades de 9,18m, 15,10m e 17,05m. O aquífero profundo deve se encontrar a grande profundidade.

As sondagens realizadas permitiram identificar apenas uma unidade hidrogeológica na área, representada por solo residual de rochas metamórficas do cristalino, de natureza argilosa, muito siltoso e pouco arenoso, de consistência predominantemente média a dura e coloração cinza, marrom, roxa e amarela variegada. As profundidades dos furos correspondem às espessuras da camada de solo e ao topo do maciço rochoso. A recarga do aquífero se dá por infiltração das águas das chuvas.

10.1.2.5.3 Terminal Botucatu

Foi investigado através de quatro sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-04, até as profundidades de 13,45m, 10,45m, 11,45m e 12,45m, respectivamente, em 01 de outubro de 2009.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local compreende um aquífero superior ou freático, livre, de meio poroso, instalado no aluvião e no solo superficial que se confunde com um aquífero mais profundo, de meio poroso e fraturado, instalado nos sedimentos da Formação Botucatu, o qual abriga o Aquífero Guarani. O aquífero superior, que deve se sobrepor ao Aquífero Guarani, foi atingido pelas sondagens nas profundidades de 4,19m, 4,15m, 0,23m e 2,61m.

Foram identificadas três unidades hidrogeológicas, descritas a seguir do topo para a base do perfil de solo.

- Aluvião de natureza arenosa fina, siltoso a pouco argiloso, fofo a medianamente compacto, de coloração cinza escura, cinza e amarela, com espessuras entre 7,80m e 8,10m.

- Solo superficial arenoso fino, siltoso ou argiloso, fofo, de coloração vermelha escura, com espessuras entre 2,80m e 3,60m.

- Solo residual de arenito Botucatu, arenoso fino argiloso, pouco siltoso, fofo a muito compacto, de coloração marrom, vermelha ou cinza amarelada. Apresenta espessuras entre 3,65m e 9,85m, com a profundidade do impenetrável às sondagens correspondendo ao topo da rocha sedimentar.

O fluxo das águas subterrâneas se dá no sentido do córrego local, onde é feita a descarga do aquífero, e a recarga ocorre de forma difusa, por infiltração das águas das chuvas.

10.1.2.5.4 Terminal Anhembi

No terminal Anhembi foram executadas cinco sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-05, até as profundidades de 19,04m, 8,05m, 8,06m, 11,76m e 11,70m, respectivamente, realizadas entre 22 e 29 de julho de 2009.

A investigação de passivo ambiental foi realizada entre julho e setembro de 2009, e compreendeu a execução de 16 sondagens a trado até profundidades entre 0,50m e 9,00m, não tendo sido instalados poços de monitoramento. No **Anexo 17.X D-2** é apresentado o relatório completo da pesquisa realizada, com a localização e informações sobre as investigações.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local compreende um aquífero superior ou freático, de meio poroso, e outro profundo, de meio fraturado. As sondagens interceptaram, apenas, o aquífero superior, do tipo livre, nas profundidades de 13,22m (SP-01), 4,92m (SP-02) e 4,93m (SP-03).

As sondagens realizadas permitiram identificar cinco unidades hidrogeológicas, conforme descrito a seguir.

- Aterro argilo-arenoso marrom escuro com restos vegetais e espessuras entre 0,16m e 2,55m.
- Aluvião argiloso, pouco siltoso, muito mole a mole, cinza escuro, com espessuras entre 1,99m e 2,92m, e aluvião argiloso pouco arenoso de consistência média a rija, cinza escuro, com espessuras entre 3,73m e 3,83m.
- Aluvião arenoso muito fino, pouco a medianamente compacto, de coloração amarela, com espessuras entre 1,05m e 1,14m.
- Solo residual maduro argilo-siltoso a arenoso, de consistência mole a média, coloração marrom, cinza e vermelha variegada, com espessuras entre 1,04m e 12,45m.
- Solo residual jovem de siltito da Formação Teresina, silto-arenoso, fofo a muito compacto, de coloração marrom a amarelada, com espessuras entre 4,04m e 6,99m até o impenetrável às sondagens, que corresponde ao topo do maciço rochoso.

O fluxo das águas subterrâneas se dá no sentido do rio Tietê, que é o nível de base regional, onde é feita a descarga do aquífero, e a recarga ocorre de forma difusa, por infiltração das águas das chuvas.

10.1.2.5.5 Terminal Santa Bárbara

Foram executadas seis sondagens à percussão na área do terminal Santa Bárbara, denominadas SP-01 a SP-06, até as profundidades de 27,15m, 16,22m, 19,17m, 20,12m, 19,00 e 30,25m, respectivamente, entre 12 e 14 de agosto de 2009.

A Investigação Ambiental Detalhada de passivo ambiental e a Análise de Risco à Saúde Humana foram realizadas em setembro e outubro de 2009, e compreenderam a execução de 16 sondagens a trado até profundidades entre 7,40m e 20,00m, e a construção de dois poços de monitoramento denominados PM-01 e PM-02, instalados a até 17,00m e 20,00m de profundidade, respectivamente. No **Anexo 17.X B-2** é apresentado o relatório completo da pesquisa realizada, com a localização e informações sobre as investigações.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local compreende um aquífero superior, de meio poroso, interceptado a 2,29m de profundidade (SP-02), e um provável aquífero profundo, de meio poroso e fraturado, com topo nas profundidades de 19,39m, 19,18m, 22,50m e 25,31m.

Foram identificadas duas unidades hidrogeológicas, conforme segue.

- Solo residual maduro associado a depósitos cenozóicos, argilo-arenoso a pouco arenoso, de consistência mole a média, coloração marrom, vermelha, cinza e amarela variegada, com espessuras entre 9,86m e 13,00m.

- Solo residual jovem de argilitos do Subgrupo Itararé, argiloso, pouco arenoso, de consistência média a rija, coloração marrom, cinza, preta, amarela e vermelha, com espessuras entre 4,53m e 19,94m até o topo do sedimento impenetrável.

A recarga do aquífero superficial se dá de forma difusa, por infiltração das águas das chuvas.

10.1.2.5.6 Terminal Paulínia

Para os estudos geotécnicos do terminal Paulínia foram realizadas, em fevereiro de 2010, três sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-03 até as profundidades de 21,45mm, 26,45m e 24,45m, respectivamente.

Em fevereiro de 2010 foi realizada a Investigação Confirmatória de Passivo Ambiental, com a execução de 15 sondagens a trado e 15 poços de monitoramento com profundidades entre 2,00m e 8,90m. O relatório integral dessa pesquisa, com a localização e informações sobre as investigações, e o mapa potenciométrico com indicação dos sentidos de fluxo das águas subterrâneas locais constitui o **Anexo 17.X C-1**.

Aspectos hidrogeológicos locais

A Hidrogeologia local é representada por um aquífero freático livre, de meio poroso, instalado no aluvião e no solo residual de rochas sedimentares, sobre um aquífero profundo não atihgido pelas sondagens. Na época da realização das investigações, o aquífero superior apresentou superfície livre oscilante entre as profundidades de 1,30m e 5,25m. Nos poços de monitoramento essa superfície variou entre 0,13m e 6,81m.

Foram identificadas quatro unidades geológico-geotécnicas com comportamentos hidrogeológicos distintos, descritas a seguir do topo para a base do perfil de solo.

- Aluvião pouco espesso, com menos de 2,5m de espessura, de natureza argilo-arenosa, muito mole, de coloração marrom escura.

- Solo residual de rochas sedimentares, argilo-arenoso a argilo-siltoso mole a duro, de coloração variável cinza ou amarela, com espessuras entre 3,50m e 5,60m.

- Solo residual arenoso médio a grosso, pouco argiloso, fofo a medianamente compacto, de coloração cinza, amarela ou marrom variegada, com espessuras entre 2,80m e 8,90m.

- Solo residual argilo-siltoso mole a duro, de coloração variável entre o amarelo, marrom, roxo e vermelho, com espessura superior a 11,85m.

O fluxo das águas subterrâneas se dá, preferencialmente, no sentido SE-NW, e a recarga ocorre de forma difusa, por infiltração das águas das chuvas.

Análises químicas das águas subterrâneas indicaram a presença de benzeno e xileno, e dos metais alumínio, chumbo, cobalto, ferro e manganês com concentrações acima dos limites de intervenção da Cetesb, sendo a água do aquífero superior não potável e com potencial de risco à saúde humana para consumo e vias de exposição previstas para as diferentes etapas do empreendimento.

10.1.2.5.7 Terminal Serrana

Na área do terminal Serrana foram realizadas quatro sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-04, até as profundidades de 18,08m, 18,04m, 20,05m e 21,15m, respectivamente, em 30 de junho e o1 de julho de 2009.

Aspectos hidrogeológicos locais

O modelo hidrogeológico local compreende apenas o Aquífero Guarani, de meio poroso, que se apresenta livre na área, instalado nos sedimentos da Formação Botucatu. A superfície livre do aquífero foi atingida nas profundidades de 9,35m, 8,19m, 13,45m e 10,27m.

As unidades hidrogeológicas identificadas pelas sondagens são descritas a seguir, do topo para a base do perfil de solo.

- Solo residual maduro associado a depósitos cenozóicos, argiloso, pouco siltoso, de consistência mole a média e coloração vermelha escura amarronzada. As espessuras da camada variam entre 8,54m e 12,50m.

- Solo residual jovem de arenito Botucatu, arenoso fino, pouco a muito compacto, de coloração marrom, com espessuras entre 7,55m e 12,59m. A profundidade da base da camada de solo correspondendo ao topo do arenito resistente à penetração.

A recarga do aquífero ocorre de forma difusa, por infiltração das águas das chuvas, e através de estruturas distensionais de extensão regional.

Conforme estudos ambientais de Avaliação Preliminar do histórico de ocupação da área, não existem evidências ou indícios da presença de contaminantes nas águas subterrâneas, mas não se dispõe de dados sobre a qualidade das mesmas.

10.1.2.5.8 Conclusões sobre a Hidrogeologia da ADA

As investigações realizadas na ADA indicaram a superfície do aquífero freático sub-aflorante nas áreas dos terminais Guarujá e Botucatu, e a pequena profundidade no terminal Santa Bárbara, onde o nível do freático foi interceptado a 2,29m. A proximidade do lençol e a presença de corpos-d´água próximos aos dois primeiros terminais são fatores que irão favorecer a contaminação dos recursos hídricos locais no caso de eventuais vazamentos. Nos demais terminais, a superfície freática foi atingida entre 4,92m e 17,00m.

Os terminais Botucatu e Serrana serão construídos em áreas que abrigam o Aquífero Guarani, sendo que, neste último, o mesmo se encontra livre, com sua superfície entre as profundidades de 8,19m e 13,45m. Considerando-se a importância desse aquífero como reserva hídrica, essas áreas deverão ser objeto de atenção especial quanto à eventual infiltração de contaminantes e sua migração nas águas subterrâneas.

Quanto à presença de contaminantes nas águas subterrâneas, as áreas dos terminais RMSP (Caieiras), Anhembi, Santa Bárbara e Serrana não apresentam passivos ambientais, e no terminal Guarujá a água é não potável mas não apresenta risco à saúde humana. Nos terminais Botucatu e Paulínia, a presença de contaminantes traz risco à saúde humana para consumo e vias de exposição previstas para as diferentes etapas do empreendimento.

10.1.3 GEOMORFOLOGIA

10.1.3.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Os estudos de relevo compreenderam a compilação do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo existente na escala 1:500.000 (Ross & Moroz, 1997) e da cartografia das várzeas associadas às principais drenagens demarcadas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Nakazawa ET AL., 1994), visando à apresentação da cartografia da AII em escala 1:250.000 e da AID/ADA em escala 1:50.000, onde se destacam os Tipos de Relevo ou Padrões de Formas Semelhantes, de acordo com a representação cartográfica desenvolvida por ROSS (1992).

Para o detalhamento e a cartografia das várzeas associadas às drenagens maiores e secundárias dos mapas da AID/ADA, utilizaram-se também as informações fornecidas na Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo, em escala 1:100.000 (EMPLASA, 1980), como também o acervo de folhas topográficas em escala 1:10.000 disponibilizadas pelos órgãos públicos EMPLASA, IGC e GEGRAN e o conjunto de fotografias aéreas em escala de detalhe, aliadas ao levantamento de campo efetuado ao longo do traçado.

A apresentação da cartografia da AID/ADA faz-se em escala 1:50.000, sendo que a faixa da AID para o meio físico - e que inclui o tema Geomorfologia – abrange 1km para cada lado a partir do eixo do traçado.

Foram analisadas, ainda, a drenagem superficial e as correlações com o substrato litoestrutural, os sedimentos e as coberturas detríticas, com o objetivo de entender a dinâmica superficial da área e, consequentemente, avaliar as inter-relações e as interferências entre o meio físico e o projeto a ser implantado.

A caracterização do arcabouço estrutural, morfologia e dinâmica superficial da região do futuro empreendimento forneceram os subsídios necessários à avaliação da estabilidade das encostas e da susceptibilidade à erosão e ao assoreamento das drenagens.

10.1.3.1.1 Atividades Desenvolvidas

Tais atividades consistiram de:

- Compilação do mapa geomorfológico na escala 1:500.000 (ROSS & MOROZ, 1997) e adequação para as escalas de apresentação da AII (1:250.000) e da AID/ADA (1:50.000);

- Compilação e adequação das áreas de várzea da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo apresentada em escala 1:500.000 (NAKAZAWA ET AL., 1994), para as regiões da Baixada Santista e a noroeste da Região Metropolitana de São Paulo;

- Compilação e adequação das áreas de várzea da Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo publicada em escala 1:100.000 (EMPLASA, 1980), para a região do Planalto Paulistano e parte do Planalto de Jundiaí;

- Avaliação das bases topográficas em escala 1:10.000 dos órgãos públicos EMPLASA, IGC e GEGRAN;

- Avaliação de fotografias aéreas em escala 1:10.000 fornecidas pelo empreendedor;

- Levantamento de dados de campo a partir da avaliação de locais de interesse ao longo do traçado da AID/ADA, com a descrição/checagem de informações e obtenção de fotografias representativas dos aspectos de relevo, estabilidade das encostas e susceptibilidade à erosão e assoreamento;

- Lançamento das informações geomorfológicas em bases topográficas;

- Compilação e descrição morfográfica e morfométrica dos tipos de relevo identificados, e elaboração de legenda;

- Integração dos dados compilados e obtidos, e elaboração final dos mapas geomorfológicos da AII e da AID/ADA do futuro empreendimento, além dos textos apresentados.

10.1.3.2 Área de Influência Indireta (AII)

10.1.3.2.1 Introdução

A Área de Influência Indireta (AII) do Meio Físico e, específicamente, para os estudos da Geomorfologia foi preliminarmente definida considerando os terrenos gerais pertencentes às Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Ugrhi).

Contudo, dadas as particularidades do projeto, principalmente por se tratar de obra linear e por sua elevada extensão, optou-se por dar enfoque a uma faixa ao longo da dutovia, com largura de 10 Km (05 Km para cada lado do eixo projetado). Da mesma forma como ocorreu para o diagnóstico da geologia, ao longo da Baixada Santista e da Região Metropolitana de São Paulo a largura da faixa da AII foi adequada nesses intervalos, e somente para alguns temas do meio físico, apresentando larguras eventualmente superiores a 20 km, buscando contextualizar as eventuais interferências da futura dutovia com essas áreas mais sensíveis.

De modo geral, segundo o traçado de sul para norte, do litoral até o limite da Serra do Mar com o Planalto, a AII estaria inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Baixada Santista (Ugrhi-07) e abrangeria a Unidade Morfológica Planície Litorânea Santista (Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas), e a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, parte integrante da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico.

Na Região Metropolitana de São Paulo, o traçado da AII recortaria os terrenos drenados pela Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (Ugrhi-06) onde se desenvolvem a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê, pertencente à Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, bem como a Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo e a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, integrantes da Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas.

Ao norte da Região Metropolitana da Grande São Paulo, desde os arredores de Jundiaí até próximo à cidade de Campinas, a futura dutovia atravessaria terrenos pertencentes às Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05), sendo que ambas as Ugrhis se desenvolvem e drenam a Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí (Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico).

A partir dos arredores de Campinas até a extremidade norte da dutovia na região de Serrana e no segmento leste-oeste – a ser implantado entre os municípios de Paulínia (a leste) e Botucatu (a oeste) – a AII da dutovia abrangeria as unidades morfoesculturais denominadas Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista, pertencentes à Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná.

A Unidade Morfoescultural Depressão Periférica Paulista pode ser subdividida na AII. Nos terrenos da Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê, são reconhecidas a Ugrhi Piracicaba/Capivari/Jundaí (Ugrhi-05), e parte da Ugrhi Tietê-Sorocaba (Ugrhi-10), e nos terrenos da Unidade Morfológica Depressão Mogi-Guaçu associa-se a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Mogi-Guaçu (Ugrhi-09).

Por fim, associados à Unidade Morfoescultural Planalto Ocidental Paulista, os terrenos da AII pertenceriam à Ugrhi Mogi-Guaçu (Ugrhi-09) representada pelo Planalto Residual de São Carlos; às Ugrhis Mogi-Guaçu (Ugrhi-09) e Pardo (Ugrhi-04) abrangendo parte do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto; à Ugrhi Pardo (Ugrhi-04) quando inseridos nos Planaltos Residuais de Franca/Batatais; e à Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê/Sorocaba (Ugrhi-10) quando associados ao Planalto Residual de Botucatu.

O traçado da futura dutovia, especialmente no segmento entre as cidades de Guarujá e Santa Bárbara d'Oeste, encontra-se em parte inserido ou acompanha o traçado geral com pequenos deslocamentos junto às obras lineares maiores ou será instalado nas proximidades de seus eixos, – tais como Rodovia Piaçaguera-Guarujá, Rodovia dos Imigrantes, trechos oeste e sul do Rodoanel Mario Covas e Rodovia dos Bandeirantes – onde os problemas previsíveis relacionados à declividade/estabilidade, erosão de encostas, e assoreamento de drenagens, em grande parte foram mitigados.

Entre Santa Bárbara d'Oeste e a região de Serrana, assim como no traçado leste-oeste do futuro empreendimento, entre Paulínia e Botucatu, as obras deverão concentrar-se mais afastadas de outras obras lineares de maior porte – como a Rodovia Anhanguera – devendo ser implantado nos terrenos pertencentes à Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista da Bacia Sedimentar do Paraná, onde predominam amplamente as atividades agrícolas, com plantações, pastagens e campos gerais.

Contudo, na região da Baixada Santista e na Região Metropolitana da Grande São Paulo e até os arredores de Jundiaí, ocorrem diversos corpos d'água. Alguns deles se encontram sob influência de maré – na Baixada –, outros conformam reservatórios para o abastecimento humano como Billings/Rio das Pedras e Guarapiranga, ou fazem parte das sub-bacias dos rios Pinheiros e Tietê, ou ainda constituem reservatórios de menor porte, mas de importância estratégica no abastecimento regional, como aqueles associados aos rios Jundiaí e Jundiaí-mirim. Desta forma, a faixa da AII foi adequada e pode apresentar largura variável mais próxima de vinte quilômetros ou mesmo exceder um pouco este limite, buscando contextualizar as eventuais interferências da futura dutovia com áreas maiores, contudo ainda inferiores aos territórios integrais das unidades Baixada Santista (Ugrhi-07), Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05).

Do ponto de vista geomorfológico, o traçado do futuro empreendimento cruza a Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas, desde Guarujá até Cubatão, e em São Paulo, Osasco, Taboão da Serra, São Bernardo do Campo, Santo André, Diadema e Mauá; a Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, que ocupa desde São Bernardo do Campo até Campinas, passando pela região sul de São Paulo e por Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra, Embu, Cotia, Carapicuíba, Osasco, Barueri, Santana de Parnaíba, norte de São Paulo, Caieiras, Mairiporã, Franco da Rocha, Cajamar, Francisco Morato, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista, Jundiaí, Louveira, Vinhedo, Itupeva, Indaiatuba e Valhinhos; e a Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná em todo o restante do traçado desde o norte de Campinas (incluída) até os arredores de Serrana, assim como de Paulínia até a terminação oeste do traçado da Dutovia, no município de Botucatu.

10.1.3.2.2 Unidades Morfoesculturais e Unidades Morfológicas

De acordo com o mapa geomorfológico de Ross e Moroz (1997), a maior parte da Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento em seu trecho a sudeste de Campinas está inserida na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Tal unidade "vincula-se a vários ciclos orogênicos de dobramentos, acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos, e extensas intrusões. As diversas fases orogenéticas do Pré-Cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético pós-Cretáceo, que perdurou até pelo menos o Terciário Médio, gerou soerguimento da Plataforma Sul Americana, reativou falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas como as serras da Mantiqueira, do Mar, e fossas tectônicas como as do Médio Vale do Paraíba do Sul" (ROSS, 1990).

No âmbito da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico na AII, ocorre a Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico, que corresponde a relevos sustentados por diversas litologias quase sempre metamórficas associadas com intrusivas. Suas variações fisionômicas regionais possibilitam delimitar unidades geomorfológicas distintas, face às suas características geotectônicas, litológicas e estruturais, postas em evidência pelas atividades dos diversos ciclos erosivos pré e pós-cretácicos.

Na AII, a Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico inclui as unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiaí.

Ainda na AII ocorrem formas de relevo associadas às Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas. Vinculam-se a essas morfoestruturas as Unidades Morfoesculturais Planalto de São Paulo; Planícies Litorâneas - Unidade Morfológica Santista; e Planícies Fluviais - Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais. A Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo pertence à Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar de São Paulo, que é uma das Bacias Sedimentares Cenozóicas.

Com relação às morfoesculturas do Planalto de São Paulo, "o fator principal associado à sedimentação é sem dúvida a tectônica. Apresentam forma de grabens e semi-grabens com preenchimento continental (fluvial e lacustre) de idade paleogena e neogena. Os processos tectônicos formadores associam-se com reflexos tardios dos processos continentais que determinaram a abertura do Atlântico Sul (a partir do Mesozóico) e subsequentes deslocamentos da Placa Sul Americana. Foram particularmente ativos durante o Paleogeno, sendo retomados em pulsos sucessivamente atenuados ao longo do Neogeno e Quaternário" (LIMA, MELO & COIMBRA, 1991, in ROSS & MOROZ 1997).

Quanto às Planícies Litorâneas, estão geneticamente relacionadas com as interações oceano-continente, e incluem, basicamente, formas de relevo do tipo Planícies de Mangue, Planícies Marinhas, Planícies Fluvio-Marinhas, Terraços Marinhos, Cordões Arenosos, Campos de Dunas e Planícies Flúvio-Lacustres-Marinhas. Essas formas decorrem das interações das atividades construtivas e destrutivas das águas oceânicas e das águas continentais ao longo da faixa litorânea, bem como das atividades eólicas, que também agem na remobilização de sedimentos marinhos. As flutuações do nível marinho são condicionadoras significativas dos processos de formação das planícies litorâneas no Brasil.

A Planície Costeira é um ambiente extremamente frágil e muito rico em biodiversidade, de grande importância como áreas de preservação por constituírem nichos de reprodução marinha para grande número de espécies de animais. Por serem recentes, seus sedimentos, mormente arenosos e argilosos, são inconsolidados; a cobertura vegetal é diversificada.

Ainda pode ser reconhecida ao longo da faixa da AII a Morfoescultura Planícies Fluviais, constituindo a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais. Tal unidade consiste de áreas descontínuas eventualmente distribuídas sobre todos os modelados identificados na AII. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de agradação. Encontram-se dispostos junto às margens dos rios e constituem áreas baixas e planas.

A noroeste do limite Itupeva/Campinas até o terminal Serrana, e no intervalo entre os terminais Botucatu e Paulínia, o traçado do futuro empreendimento cruza a Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, que constitui uma complexa fossa tectônica de forma elipsoidal com eixo maior de orientação NNE-SSW encravada no escudo pré-cambriano nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e no Uruguai, Paraguai e Argentina. Está preenchida por sedimentos mormente continentais, mas também marinhos, de idades desde silurianas até cretáceas, além de conter lavas basálticas mesozóicas.

Sua estrutura é o resultado final de falhamentos verticais. Quase todas as falhas profundas encontram-se preenchidas por diques de diabásio, e são abundantes os *sills*. "A principal feição tectônica da Bacia do Paraná é o vasto sistema monoclinal, ligeiramente arqueado, cuja inclinação é dirigida, nos dois lados da bacia, para a zona central".

"Os Planaltos em Bacias Sedimentares são quase que inteiramente circundados por depressões periféricas ou marginais. Estas unidades também se caracterizam por apresentar nos contatos (planalto-depressões) os relevos escarapados caracterizados por frentes de Cuestas" (ROSS, 1985).

A Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná compreende as unidades morfoesculturais Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista.

De acordo com Ross (1990), a Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná está esculpida quase que totalmente nos sedimentos paleo-mesozóicos da Bacia. Apresenta características de modelados diversos em função da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos. No trecho que compreende o território paulista, esta unidade apresenta altitudes que oscilam entre 500 a 750 metros, sendo que as altitudes maiores margeiam as escarpas da frente de Cuesta sustentadas principalmente por derrames basálticos.

"A Depressão Periférica é recoberta por densa rede de drenagem, salientando-se alguns rios principais como cursos consequentes que, mantendo seu antigo traçado dirigido para NW em direção ao eixo do rio Paraná, a partir de uma superfície de aplainamento antiga (final do Cretáceo e início do Terciário) superimpuseram-se às estruturas paleozóicas e mesozóicas para romper a cuesta basáltica em boqueirões: o Tietê, o Paranapanema, o Mogi-guaçu e o Pardo.

Esses rios, como artérias principais de maior capacidade erosiva e, provavelmente, com interferências tectônicas teriam provocado capturas através de seus afluentes, de primitivos consequentes que adaptando-se às estruturas, passaram a percorrer as cuestas com nítido desvio em seus traçados, a exemplo do Piracicaba, o Sorocaba, o Capivari, o Itararé, o Apiaí, o Taquari, etc." (PENTEADO, 1976 *in* ROSS & MOROZ, 1997).

Devido às características próprias de cada grande bacia de drenagem que conta a Depressão Periférica, foram mantidas nos trabalhos de Ross (1990) e de Ross e Moroz (1997) três zonas consideradas em trabalhos anteriores. De interesse na faixa da AII do futuro empreendimento, são reconhecidas como partes integrantes da Depressão Periférica Paulista a Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê e Depressão Mogi-Guaçu.

O Planalto Ocidental Paulista ocupa praticamente 50% do estado de São Paulo. Segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), "situa-se essencialmente sobre rochas do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente areníticas, em algumas regiões cimentadas por carbonato de cálcio. Basaltos expõem-se nos vales dos principais rios em ocorrências descontinuas, exceto ao longo do Paranapanema e do Pardo, onde afloram extensivamente". O relevo desta unidade morfoescultural é, no geral, levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados. Na faixa de interesse, ocorrem as Unidades Morfológicas Planalto Residual de São Carlos, Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, Planaltos Residuais de Franca Batatais e, subordinadamente Planalto Residual de Botucatu.

As Unidades Morfoesculturais e Morfológicas da AII, de acordo com Ross e Moroz (1997), se encontram cartografadas no Mapa Geomorfológico da Área de Influência Indireta (AII) apresentado em escala 1:250.000 (vide **Anexo 17. IV-2**).

A seguir são descritas as Unidades Morfoesculturais e Morfológicas e os modelados dominantes associados a essas unidades.

Morfoescultura Planície Litorânea – Unidade Morfológica Santista

No litoral de São Paulo, a Planície Costeira consiste principalmente de pequenas planícies flúvio-marinhas posicionadas no fundo de baias e enseadas, entre os terrenos cristalinos do Planalto Atlântico e as águas oceânicas. São terrenos planos, de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária, em que operam processos de agradação, e com baixa densidade de drenagem, de padrão meandrante e anastomosado. Estão dispostas em áreas descontínuas ao longo de toda a faixa litorânea. Na região da AII, ocupa parte dos municípios de Guarujá, Santos e Cubatão e recebe a denominação de Planície Litorânea Santista.

A seguir é apresentada a **Fotos 10.1.3.2.2-1**, ilustrativa da Unidade Morfológica Santista (Morfoescultura Planície Litorânea).



FOTO 10.1.3.2.2-1: Vista geral da Morfoescultura Planície Litorânea. Região dos municípios de Cubatão, Santos e Guarujá.

Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos

Essa unidade consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico. Na AII, é identificada desde a estaca 0+6.400m até a 4+8.000m, aproximadamente, em grande parte intercalada com a Morfoescultura Planície Litorânea, Unidade Morfológica Santista.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais com modelados na forma de escarpas e cristas com topos aguçados (Da) e topos convexos (Dc). O entalhamento dos vales é variável entre 80m e mais de 160m, e a dimensão interfluvial desde menos de 250m até 3750m. As altimetrias variam de 20m a 1000m, com declividades predominantes maiores que 40%, que atingem 60% em setores localizados das vertentes.

De acordo com Ross e Moroz (1997), predominam gnaisses, migmatitos, micaxistos e granitos na Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, que correspondem principalmente às litologias do Complexo Costeiro e da Fácies Itu, e também àquelas do Complexo Pilar, que constam do **Mapa Geológico da AII – Anexo 17. IV-1.**

O relevo dessa unidade é bastante dissecado, e a drenagem, de padrão dendrítico, está condicionada por estruturas relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos. Seu nível de fragilidade potencial é muito alto, em consequência da presença de formas de dissecação muito intensas, com vales de grande entalhamento, alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas, estando sujeita a processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

A seguir é apresentada a **Fotos 10.1.3.2.2-2**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos.



FOTO 10.1.3.2.2-2: Vista geral da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, onde predominam terrenos constituídos por escarpas com declividades dominantes maiores que 30%. Município de Cubatão.

Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê

Localiza-se entre o Planalto de Jundiaí (ao norte), a Serra do Mar (ao sul), o Planalto de Ibiúna/São Roque (a oeste) e o Planalto do Paraitinga/Paraibuna (a leste). Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros médios e altos com topos convexos (Dc).

Nos Padrões de Formas Semelhantes – a serem descritos na AID/ADA – os modelados dominantes apresentam entalhamento dos vales variando entre menos de 20m até 40m e dimensão interfluvial entre menos de 250m até 1750m. As altimetrias predominantes estão entre 800m e 1000m e as declividades entre 10% e 20%.

De acordo com Ross e Moroz (1997), a litologia do Planalto Paulistano/Alto Tietê seria basicamente constituída por migmatitos e granitos. Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) e a Carta Geológica São Paulo (CPRM, 1999), essa unidade abrange o Grupo Açungui, composto não só pelos migmatitos do Complexo Embu como pelos xistos, filitos, quartzitos, mármores, rochas calciossilicáticas e metassiltitos, predominantemente, do Complexo Pilar, os granitóides do Maciço Cantareira, e rochas metamórficas de baixo grau do Grupo São Roque.

A drenagem apresenta padrão dendrítico, às vezes obedecendo às direções estruturais regionais, mas em alguns casos pode ter traçados independentes das direções estruturais.

A Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê ocupa a AII desde a estaca 4+8.000m até a 13+5.700m, aproximadamente, intercalada com a Morfoescultura Planalto de São Paulo em alguns trechos (**Anexo 17. IV-2** - Mapa Geomorfológico da AII), ocorrendo em terrenos dispostos em ambas as margens do rio Tietê, além da sua várzea, bem como em terrenos drenados pelos tributários da margem esquerda do rio Pinheiros, e aqueles dispostos no entorno dos reservatórios Guarapiranga e Billings.

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial médio, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2.2-3** e **10.1.3.2.2-4**, ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê.



FOTO 10.1.3.2.2-3: Vista geral da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região dos municípios de Itapecerica da Serra e Embu.



FOTO 10.1.3.2.2-4: Vista geral da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região dos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo.

Morfoescultura Planalto de São Paulo

Abrange o município de São Paulo e grande parte da sua região metropolitana. Ocorre entre a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto do Tietê e as Planícies Fluviais ocupadas pela várzea do rio Tietê. À Morfoescultura Planalto de São Paulo correlaciona-se a Morfoestrutura da Bacia Sedimentar de São Paulo.

Na Área de Influência Indireta (AII), ocupa duas porções, onde ocorre na forma de manchas descontínuas. A primeira localiza-se desde as imediações da estaca 8+6.200m até a altura da estaca 13+1.400m, ocupando predominantemente parte das regiões ocidentais de Osasco e de São Paulo e a margem leste do Reservatório Guarapiranga a norte do traçado do empreendimento. É drenada por tributários da margem esquerda dos rios Tietê e Pinheiros, como os córregos Guardinha e Itaim, e pelo ribeirão Bussocaba, bem como pelos tributários da margem leste do reservatório. A segunda porção ocupa parte dos municípios de São Bernardo do Campo, Santo André e Diadema, onde estão instaladas as bacias de drenagem dos ribeirões dos Couros e dos Meninos, e do rio Tamanduateí.

Nesta unidade predomina a forma de relevo denudacional cujo modelo constitui-se basicamente por colinas e patamares aplanados. Destacam-se vales com cabeceiras bastante entalhadas, enquanto que nos patamares o entalhamento é pequeno, em torno de 20m. Os patamares são aplanados e predominam em altitudes ao redor de 740m, enquanto que as colinas atingem entre 760m e 800m. Como litologias dominantes ocorrem argilas, areias e lentes de conglomerados correlatos à Formação São Paulo da Bacia de São Paulo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-5**, ilustrativa da Morfoescultura Planalto de São Paulo.



FOTO 10.1.3.2.2-5: Vista geral da Morfoescultura Planalto de São Paulo. Região dos municípios de Osasco, São Paulo e Carapicuíba.

Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí

O Planalto de Jundiaí estende-se, na AII, desde a porção noroeste do município de São Paulo até Campinas, nas imediações do limite desta com Itupeva. Predominam as formas de relevo denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas e morros baixos com topos convexos (Dc), mas também ocorrem morros altos com topos aguçados (Da).

São observadas altimetrias de nível alto (900m a 1200m) e de nível médio (800m a 900m) no Planalto de Jundiaí. No primeiro caso, as declividades predominantes situam-se entre 30% e 40%, atingindo até 60% em algumas vertentes, como é o caso da Serra do Japi, delimitada na porção sul-sudoeste do município de Jundiaí, que tem seu topo sustentado por quartzitos e a base por granitos. No nível médio as declividades são de 20% a 30%.

No que diz respeito à litologia, a unidade é constituída por granitos e quartzitos no nível alto, e por gnaisses e migmatitos no nível médio, segundo Ross e Moroz (1997). No caso específico da AII, e conforme as cartas geológicas São Paulo e Campinas (CPRM, 1999), os relevos do nível alto são sustentados por granitos a granodioritos dos maciços Itaqui e Cantareira e por metarenitos arcoseanos, quartzitos e metaconglomerados da Formação Boturuna do Grupo São Roque, na altura da estaca 13+5.700m até a 14+3.600m, no Domínio São Roque, e por quartzitos puros ou quartzitos feldspáticos ou conglomeráticos, xistos diversos com lentes de quartzitos, e gnaisses subordinados do Complexo Piracaia, além de rochas ígneas intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé, entre as estacas 16+2.650m e 17+7.7800m.

Os relevos de nível médio representam os filitos e metarrimitos psamo-pelíticos do Grupo São Roque, além de xistos diversos e rochas metavulcano-sedimentares do Grupo Serra do Itaberaba, identificados a sul da estaca 16+2.650m, além de gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses bandados, gnaisses xistosos, gnaisses graníticos, anfibolitos, calciossilicáticas e xistos do Complexo Piracaia e rochas ígneas do Complexo Granítico Itu – Maciço Granitóide Itupeva, observadas desde o limite dos municípios de Franco da Rocha e Cajamar com Jundiaí até as imediações da estaca 21.

A drenagem é do tipo dendrítica. Como as formas de relevo são muito dissecadas, com vales entalhados e alta densidade de drenagem, o Planalto de Jundiaí apresenta nível de fragilidade potencial alto, estando sujeito a movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos.

Na AII, o Planalto de Jundiaí ocupa grande extensão da faixa, desde o seu contato a sul com o Planalto Paulistano/Alto Tietê, na altura da estaca 13+5.700m, até as proximidades da cidade de Campinas, onde faz limite com a Depressão do Médio Tietê da Unidade Morfoescultural Depressão Periférica Paulista.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2.2-6** a **10.1.3.2.2-11**, ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.2.2-6: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, com morros altos aguçados e alongados associados aos maciços granitóides. Visada para leste-sudeste a partir do início do Trecho Oeste do Rodoanel. Altura da estaca 14+4.250m. Divisa de Caieiras e São Paulo (Bairro de Perus).



FOTO 10.1.3.2.2-7: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí representada por morros baixos e colinas de topos convexos associados às rochas Grupo Serra do Itaberaba. Arredores da estaca 14+4.250m. Visada para sul-sudeste. Bairro Perus, município de São Paulo.



FOTO 10.1.3.2.2-8: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí. Relevo de nível médio com morros médios de topos convexos conformados sobre rochas do Grupo Serra do Itaberaba. Arredores da estaca 15 com visada para leste. Município de Caieiras.



FOTO 10.1.3.2.2-9: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí representada por morros médios e altos de topos convexos associados às rochas metapelíticas do Grupo São Roque. Arredores da estaca 16+8.600m. Visada para sudoeste. Municípios de Cajamar e Jundiaí.



FOTO 10.1.3.2.2-10: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí. Relevo de nível alto com morros altos de topos convexos associados aos quartzitos do Complexo Piracaia (Serra do Japi). Arredores da estaca 17+5.000m. Visada para sudoeste. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.2.2-11: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, com colinas e morros baixos e médios de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 20+7.500m com visada para nordeste. Município de Campinas.

Relevo Cárstico

No âmbito do Planalto de Jundiaí – relevo de nível médio – são observadas feições relacionadas a relevos cársticos, mais especificamente no município de Cajamar, onde ocorreram fenômenos de colapso e subsidência, bem como afundamentos, nos anos de 1986 e 1999.

As feições cársticas são agrupadas em cinco grandes classes, segundo Waltham e Fookes (2003): microfeições de superfície (caneluras de até 1 m de profundidade); macrofeições de superfície (vales cegos, dolinas, poljes, cones e torres, todos na escala quilométrica); feições de subsolo (complexas morfologias do topo rochoso, com relevos locais que podem ultrapassar 10 m); dolinas (feições de depressão em superfície, com 1 m a 1000 m de diâmetro, relacionadas a cavidades no corpo rochoso); e cavernas (cavidades da ordem de dezenas a centenas de metros dentro do corpo rochoso, vazias ou preenchidas). Drenagens intermitentes, sumidouros e ressurgências também são indicativos de terrenos cársticos.

No caso específico do colapso de 1986 em Cajamar, foi denominado pelo IPT (1987c) como colapso de solo devido ao dolinamento. Trata-se, portanto, de um carste encoberto.

Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Depressão do Médio Tietê localiza-se entre o Planalto de Jundiaí, a leste, o Planalto Ocidental Paulista, a oeste, e a Depressão de Mogi-Guaçu, ao norte. Na AII, a unidade ocorre desde as imediações da fronteira entre Itupeva e Campinas até as proximidades da fronteira sul de Araras, bem como na maior parte do trecho leste-oeste, à exceção das imediações do terminal Botucatu.

As formas de relevo denudacionais constituem-se basicamente de colinas de topos amplos tabulares (Dt) e convexos (Dc), onde os vales têm entalhamento preferencialmente até 20m e dimensão interfluvial varia de 750m a 3750m, mas podem ocorrer alguns pequenos trechos onde os entalhamentos são mais acentuados. As altimetrias predominantes estão entre 500m e 650m, enquanto que as declividades variam de 5% a 10%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por diabásios e arenitos. De acordo com as cartas geológicas Campinas da CPRM (1999), e Bauru do convênio Daee/Unesp (1984), a Depressão do Médio Tietê está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente aquelas da Formação Pirambóia, Formação Corumbataí, Formação Serra Alta, Formação Teresina, Formação Tatuí, Formação Irati, e do Subgrupo Itararé.

Ocorrem ainda diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros das Rochas Intrusivas Tabulares, e depósitos colúvio-aluvionares indiferenciados do Cenozóico.

A rede de drenagem apresenta-se bem organizada e nela destacam-se o rio Tietê e seus dois afluentes, o rio Piracicaba e o rio Sorocaba, que apresentam um padrão dentrítico, "com orientação estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litólicos resistentes, especialmente os diabásios" (ALMEIDA, 1964 *in* ROSS E MOROZ, 1997).

A Depressão do Médio Tietê tem formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica, portanto, em um nível de fragilidade potencial médio a baixo. A área é susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados da parte oeste, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e por siltitos do Permiano.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2.2-12** a **10.1.3.2.2-19**, ilustrativas da Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê.



FOTO 10.1.3.2.2-12: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé – Grupo Tubarão (Bacia do Paraná). Altura da estaca 21. Visada para sudeste. Arredores da cidade de Campinas.



FOTO 10.1.3.2.2-13: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê constituída por colinas de topos amplos e tabulares (planos) às rochas sedimentares do Subgrupo Itararé – Grupo Tubarão (Bacia do Paraná). Altura da estaca 21+2.000m. Visada para sudoeste. Região de Campinas e Monte Mor.



FOTO 10.1.3.2.2-14: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos tabulares conformadas em rochas sedimentares do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão. Visada para a região das estacas 59 e 59+2.000m. Regiões de Paulínia, Cosmópolis, Santa Bárbara d'Oeste e Nova Odessa.



FOTO 10.1.3.2.2-15: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos tabulares conformadas em rochas sedimentares do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão. Intervalo entre as estacas 26 e 28. Regiões de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira e Iracemápolis.

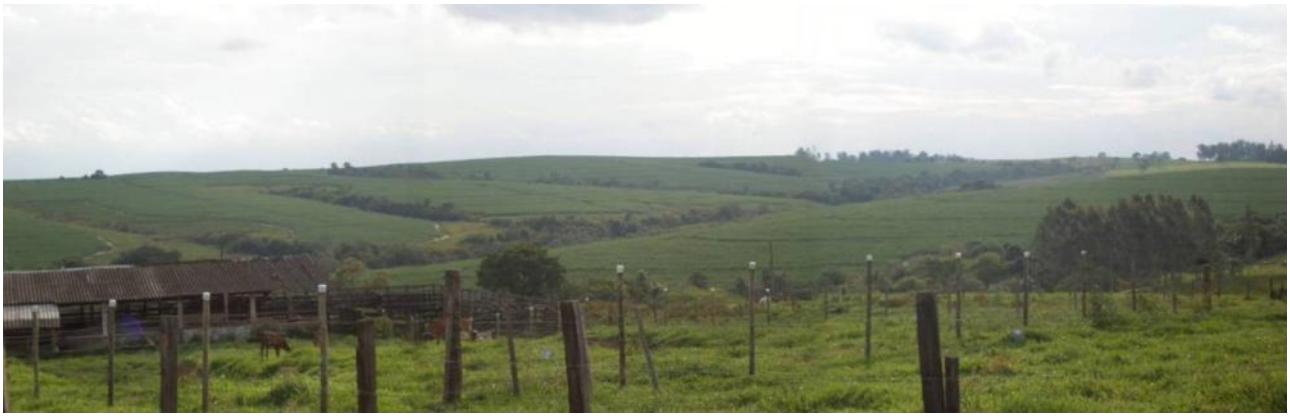


FOTO 10.1.3.2.2-16: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos convexos. Podem estar conformadas sobre rochas areníticas finas e argilitos e siltitos das formações Pirambóia, Corumbataí, Tatuí, Irati, Teresina e do Sub-Grupo Itararé (Bacia do Paraná). Intervalo entre as estacas 51 e 54. Visada para sudeste. Região de Rio das Pedras, Saltinho e Piracicaba.



FOTO 10.1.3.2.2-17: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos convexos, conformadas sobre arenitos da Formação Pirambóia (Bacia do Paraná). Intervalo entre as estacas 50 e 51+4.500m. Visada para sudeste. Municípios de Piracicaba e Anhembi.



FOTO 10.1.3.2.2-18: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos e tabulares conformadas sobre rochas sedimentares da Formação Teresina (Bacia do Paraná). Intervalo entre as estacas 48+7.200m e 50. Visada para sudeste. Município de Anhembi.



FOTO 10.1.3.2.2-19: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos convexos. Podem estar conformadas sobre rochas areníticas da Formação Pirambóia, e argilitos e siltitos da Formação Teresina. Intervalo entre as estacas 46+1.000m e 48+3.200m. Região de Anhembi.

Unidade Morfológica Depressão de Mogi-Guaçu

De acordo com Ross e Moroz (1997) a unidade denominada Depressão de Mogi-Guaçu localiza-se na porção centro-norte do Estado de São Paulo, entre o Planalto Atlântico a leste, o Planalto Ocidental Paulista (Patamares de Ribeirão Preto e Planalto Residual de São Carlos) a oeste, a Depressão do Médio Tiete ao sul e o Estado de Minas Gerais ao norte. Na AII, a unidade ocorre aproximadamente entre as estacas 31 e 34, município de Araras.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado é constituído basicamente por colinas de topos tabulares amplos, onde os vales são entalhados até 20m e a dimensão interfluvial oscila entre 1750m e 3750m. As altimetrias predominante estão entre 500 e 650m, e as declividades predominam entre 5 e 10%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos. Segundo a carta geológica Campinas da CPRM (1999), a Depressão de Mogi-Guaçu correlaciona-se às rochas das formações Corumbataí – com predomínio de siltitos e argilitos – e Pirambóia, onde predominam arenitos muito finos a médios e, de forma subordinada, pode associar-se às formações Tatuí e Irati, além de rochas do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana. Também são verificados diques de diabásio ou *sills* diversos pertencentes às Rochas Intrusivas Tabulares, além de argilitos, siltitos, arenitos argilosos, cascalhos e conglomerados da Formação Rio Claro.

A rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural. "O padrão dendrítico é bastante frouxo tendendo por vezes a um tipo retangular." (ALMEIDA, 1964 *in* ROSS & MOROZ, 1997). Os principais rios dessa unidade são o Mogi-Guaçu e o Pardo.

Por apresentar padrão de dissecação baixo com vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa, esta unidade apresenta, em geral, um nível de fragilidade potencial muito baixo, com baixo potencial erosivo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-20**, ilustrativa da Unidade Morfológica Depressão de Mogi-Guaçu**.**



FOTO 10.1.3.2.2-20: Vista da Unidade Morfológica Depressão de Mogi-Guaçu, constituída por colinas de topos amplos tabulares, conformadas sobre rochas sedimentares diversas da Bacia do Paraná. Intervalo entre as estacas 31 e 34. Visada para sudeste. Município de Araras.

Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos

De acordo com Ross e Moroz (1997) a unidade denominada Planalto Residual de São Carlos corresponde ao reverso da Cuesta no inter-flúvio Tietê/Mogi-Guaçu. Localiza-se entre o Planalto Central Ocidental e a Depressão Periférica Paulista. Na AII, a unidade ocorre entre as estacas 34+1.100m e 38+6.400m, municípios de Santa Cruz da Conceição, Analândia, Pirassununga e Descalvado, no trecho noroeste-sudeste do traçado. A unidade é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Mogi-Guaçu, especialmente o ribeirão do Pântano.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais constituídas basicamente por colinas de topos amplos aplanados a convexos com vales de entalhamento variando de 20m a 80m e a dimensão interfluvial entre 250m a 3750m; e colinas de topos amplos tabulares, com vales com entalhamento menor do que 20m e dimensão interfluvial acima de 3750m. As altimetrias predominante estão entre 600 e 900m, e as declividades predominam entre 2 e 20% na maior parte da área, sendo superiores a 30% nos setores mais dissecados do terreno.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia predominante são os depósitos arenosos e argilosos. Segundo as cartas geológicas Campinas da CPRM (1999), e Ribeirão Preto do convênio Daee/Unesp (1982), a unidade Planalto Residual de São Carlos está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente da Formação Pirambóia, como predomínio de arenitos finos a médios e, de forma subordinada, são identificados arenitos finos a médios, com estratificação cruzada de grande porte da Formação Botucatu, e diques de diabásio ou *sills* diversos da unidade Rochas Intrusivas Tabulares. De maneira muito restrita, podem ser identificadas litotipos da Formação Corumbataí.

Esta unidade apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica em um nível de fragilidade potencial médio a baixo para os terrenos pouco dissecados, e alto a muito alto para os terrenos muito dissecados.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2.2-21** e **10.1.3.2.2-22** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos.



FOTO 10.1.3.2.2-21: Vista da Unidade Planalto Residual de São Carlos, constituída por colinas de topos amplos convexos e colinas de topos convexos, ambas conformadas sobre rochas sedimentares da Formação Pirambóia (Bacia do Paraná). Região das estacas 35 a 36+5.500m. Municípios de Pirassununga e Descalvado.



FOTO 10.1.3.2.2-22: Vista da Unidade Planalto Residual de São Carlos, constituída por colinas de topos convexos conformadas sobre rochas das formações Pirambóia e Botucatu, e, por morros escarpados ao fundo, onde também ocorre a Formação Serra Geral. Região entre as estacas 37 e 38+6.400m. Município de Descalvado.

Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto localiza-se na porção noroeste da morfoescultura da Bacia do Paraná e limita-se a oeste e sudoeste com o Planalto Residual de São Carlos, ao norte com o Planalto Centro Ocidental e a leste e a sudeste com a Depressão Periférica Paulista. Na AII, a unidade ocorre desde a estaca 38+6.4000m, aproximadamente, até o terminal Serrana, no trecho noroeste-sudeste do traçado, abrangendo os municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas amplas e baixas com topos tabulares, constituindo vales de entalhamento médio com menos de 20m e dimensão interfluvial variável entre 750m a mais de 3750m. As altimetrias predominantes estão entre 500 e 700m, e as declividades entre 2 e 20%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por basaltos. Segundo a carta geológica Ribeirão Preto do convênio Daee/Unesp (1982), a unidade Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto está relacionada aos arenitos finos a médios da Formação Botucatu e aos basaltos da Formação Serra Geral. Ao longo dos vales das drenagens mais expressivas ocorrem os arenitos muito finos a médios da Formação Pirambóia.

Os principais rios que drenam esta unidade são o Mogi-Guaçu, o Pardo e o ribeirão Preto. Na AII da Dutovia, a porção sul da unidade é drenada por afluentes da margem direita do rio Mogi-Guaçu, como o ribeirão Vaçununga, e da margem esquerda do rio Pardo, como o ribeirão Tamanduá.

Por apresentar formas de relevo pouco dissecado, com vales pouco entalhados e vertentes de declividades baixas, além de baixa densidade de drenagem, a Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto apresenta fragilidade potencial muito baixa, com baixo potencial erosivo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2.2-23** e **10.1.3.2.2-24** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto.



FOTO 10.1.3.2.2-23: Vista do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, constituído por colinas amplas e baixas de topos convexos conformadas sobre rochas areníticas das formações Pirambóia e Botucatu, e basaltos da Formação Serra Geral. Região da estaca 44km até o terminal Serrana, entre os Municípios de Cravinhos e Serrana. Também ocorre subordinado nos municípios de Descalvado e Santa Rita do Passa Quatro, entre as estacas 38+6.400m e 39+7.000m.



FOTO 10.1.3.2.2-24: Vista do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, constituído por colinas amplas e baixas de topos tabulares conformadas sobre rochas areníticas da Formação Botucatu e, de forma subordinada, da Formação Pirambóia. Trecho da Dutovia entre as estacas 38+6.400m e 44. Região dos municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio e São Simão.

Unidade Morfológica Planaltos Residuais de Franca/Batatais

A Unidade Morfoescultural Planalto Residual de Franca/Batatais corresponde ao reverso da Cuesta no interflúvio Mogi-Guaçu/Grande. Localiza-se na porção norte da morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, e faz limite com o Estado de Minas Gerais a leste. Na AII, é identificada a sudeste do terminal Serrana e em São Simão, à esquerda do traçado do futuro empreendimento.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionas constituídas basicamente por colinas de topos aplanados ou tabulares, com vales com entalhamento entre menos de 20m até 40m e dimensão interfluvial média, de 750m a 3750m. As altimetrias variam entre 700 e 1000m e as vertentes apresentam declividades de 2% a 20%. Seus terrenos constituem-se em centros dispersores de drenagem, por tratarem-se de terras altas circundadas por terras baixas.

De acordo com Ross e Moroz (1997), a litologia da unidade compreende basicamente arenitos e lentes de siltitos e conglomerados. De acordo com a folha Ribeirão Preto (DAEE/UNESP, 1982) do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, os terrenos da unidade são sustentados pelos basaltos da Formação Serra Geral.

Esta unidade apresenta nível de fragilidade potencial baixo nos setores mais aplanados dos interflúvios, que se torna maior nos setores das vertentes com maiores declividades. Isso decorre da presença de formas de dissecação baixa e de vales pouco entalhados, com densidade de drenagem baixa e vertentes pouco inclinadas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2-25** ilustrativa da Unidade Morfológica Planaltos Residuais de Franca/Batatais.



FOTO 10.1.3.2.2-25: Vista da Unidade Planaltos Residuais de Franca/Batatais, constituída por colinas topos aplanados conformadas sobre basaltos da Formação Serra Geral. Região entre as estacas 42 e 44. Municípios de Serrana e de São Simão.

<u>Unidade Morfológica Planalto Residual de Botucatu</u>

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Planalto Residual de Botucatu corresponde ao reverso de Cuesta no interflúvio Tiête/Paranapanema. Localiza-se na parte central do Estado de São Paulo, entre o Planalto Central Ocidental e a Depressão Periférica Paulista. Na AII, a unidade ocorre subordinadamente, nas imediações e a oeste do terminal Botucatu, trecho leste-oeste do traçado da futura dutovia.

Na AII, nesta unidade, predominam formas de relevo denudacionais constituídas basicamente por colinas com topos amplos convexos contendo vales de entalhamento de 20m a 40 metros e dimensão interfluvial variando de 250m a 3750m. As altimetrias predominantes estão entre 600 e 900m, e as declividades são de 10% a 20%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por arenitos e lâminas de argilitos e siltitos. Segundo a carta geológica Bauru do convênio Daee/Unesp (1984), a Unidade Morfoescultural Planalto Residual de Botucatu no trecho da AII associa-se aos arenitos muito finos a médios da Formação Pirambóia e, subordinadamente, com arenitos finos a médios da Formação Botucatu ou ainda, aos basaltos da Formação Serra Geral. Depósitos colúvio-eluvionares indiferenciados do Cenozóico também estão presentes na região.

Esta unidade é uma área dispersora de drenagens por constituir terrenos elevados de borda da Bacia do Paraná. As formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, traduzem-se por uma fragilidade potencial média, tornando a área susceptível a atividades erosivas, especialmente nos setores mais inclinados das vertentes.

A seguir é apresentada a **Fotos 10.1.3.2-26**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Residual de Botucatu.



FOTO 10.1.3.2.2-26: Vista da Unidade Planalto Residual de Butucatu, constituída por colinas de topos amplos e convexos conformadas preferencialmente sobre arenitos da Formação Pirambóia (Bacia do Paraná). Região das estacas 46 a 46+1.000m, nos arredores da divisa dos municípios de Anhembi e Botucatu.

Morfoescultura Planícies Fluviais – Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais

Consiste de áreas descontínuas distribuídas ao longo da AII instaladas sobre todas as unidades morfológicas. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de agradação. Encontram-se dispostos junto às margens dos rios e constituem áreas baixas e planas. Preenchem, também, a megaestrutura geológica denominada Astroblema de Colônia.

As Planícies Fluviais apresentam declividades inferiores a 2% e posicionam-se em diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Associam-se aos depósitos dos principais corpos d'água que drenam os terrenos da AII, com destaque para as várzeas do rio Tietê, assim como dos seus afluentes maiores de ambas as margens, da margem esquerda dos rios Pinheiros e Tamanduateí, dos rios Juqueri, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, incluindo os afluentes maiores deste último, além dos rios Embu-Mirim, Cubatão, Boturoca, Vargem Grande, Perequê, Moji, Jurubatuba e Quilombo, além do Canal de Bertioga, e rios Piracicaba, Mogi-Guaçu, do Peixe e tributários do rio Pardo. Ocorrem também, junto às bacias de drenagem dos reservatórios Guarapiranga, Billings, do Rio Pequeno e do Rio das Pedras.

Possuem potencial de fragilidade muito alto, pois são áreas sujeitas às inundações periódicas e tendem a apresentar lençol freático pouco profundo, além dos sedimentos inconsolidados estarem sujeitos a acomodações.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.2-27** a **10.1.3.2-30** ilustrativas da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais (Morfoescultura Planícies Fluviais).



Foto 10.1.3.2.2-27: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais associada às diversas drenagens presentes na AII da Dutovia e que recobrem de forma parcial e localizadamente outras unidades morfológicas. Estaca 13+1.800m. Vista da várzea do rio Tietê e da Lagoa de Carapicuíba.



FOTO 10.1.3.2.2-28: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, que recobre parcialmente o Planalto de Jundiaí. Vista da várzea do rio Jundiaí. Altura da estaca 18+6.000m. Visada para oeste-sudoeste. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.2.2-29: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, que recobre parcialmente os terrenos associados ao Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. Vista da várzea do rio da Figueira, afluente da margem esquerda do rio Pardo. Região a norte da estaca 44+6.200m. Municípios de Cravinhos e Serrana.



FOTO 10.1.3.2.2-30: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, que recobre parcialmente os terrenos da Unidade Depressão do Médio Tietê. Vista da várzea do rio Tietê e afluentes na região do remanso do logo da Represa de Barra Bonita. Região das estacas 48+5.000m a 48+8.300m. Município de Anhembi.

10.1.3.2.3 Conclusões sobre a Geomofologia da AII

Nos relevos associados à Unidade Morfológica Santista e à Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais – morfoesculturas Planície Litorânea e Planícies Fluviais, respectivamente – predominam os terrenos planos conformando pequenas planícies de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária representadas por depósitos flúvio-marinhos, mistos ou fluviais, onde operam processos de agradação. Ocorrem posicionadas no fundo de baias e enseadas e recobrem parcialmente os terrenos cristalinos do Planalto Atlântico ou as rochas sedimentares da Bacia do Paraná. De modo geral, as escavações para a implantação da dutovia deverão expor o aquífero freático nestas condições, o que deverá agravar as condições de estabilidade dos taludes escavados, devido ao predomínio de solos arenosos e argilosos inconsolidados, além da eventual influência da oscilação da maré em áreas da Unidade Morfológica Santista.

Na Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – que ocorrem isolados na Baixada Santista – predomina o relevo de escarpas e cristas com topos aguçados ou topos convexos, e morros isolados de topos aguçados e convexos. No segmento da dutovia a ser implantado na serra do Mar, onde as vertentes das escarpas são caracterizadas como muito inclinadas e sujeitas aos processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos, a futura dutovia em grande deverá aproveitar a faixa de domínio de obras lineares existentes, como os dutos de adução da Usina Henry Brden. Com relação a transposição do morro isolado na ilha de Santo Amaro – instalado na extremidade sudoeste da cidade do Guarujá – e eventuais processos de movimentos de massas, os mesmos deverão em grande parte ser mitigados ou eliminados a partir da construção de um túnel de ligação do terminal Guarujá ao Oceâno Atlântico.

Com relação à Morfoescultura Planalto de São Paulo predomina o relevo denudacional de colinas e patamares aplanados. Conforma na AII manchas descontínuas e subordinadas na porção sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo, sendo representada nos depósitos terciários da Formação São Paulo. As obras de escavação da dutovia não deverão, efetivamente, atravessar os seus terrenos. De qualquer modo, representam terrenos onde os processos de erosão e de instabilidade estão ausentes ou apresentam baixa intensidade.

As unidades morfológicas Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiaí abrigam terrenos conformados sobre diversas rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas pertencentes aos domínios Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé.

Devido à ocorrência predominante de morros médios e altos com topos convexos, o Planalto Paulistano/Alto Tietê – com formas de dissecação média a alta, vales entalhados e densidade de drenagem média a alta – é caracterizado como área sujeita a fortes atividades erosivas.

No Planalto de Jundiaí ocorrem terrenos onde, ora predominam as colinas e morros baixos com topos convexos e que mantém estreita correlação com os gnaisses do Complexo Piracaia, ora são reconhecidos morros altos com topos aguçados associados às intrusões graníticas e aos quartzitos da serra do Japi, sendo que nestas últimas regiões são reconhecidas formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, e caracterizadas com própícias aos movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos. No município de Cajamar foram descritas feições relacionadas a relevos cársticos, com ocorrências de colapso, subsidência e afundamentos nos anos de 1986 e 1999. O colapso em Cajamar, de 1986, foi caracterizado como colapso de solo devido ao dolinamento (IPT, 1987c), e reconhecido como um carste encoberto.

Os solos superficias evoluídos a partir dos mais diversos tipos das rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas são caracterizados como homogêneos e/ou maciços e de constituição argilo-arenosa a areno-argilosa e tendem a ser bastante espessos, o que, naturalmente, dificulta a instalação e o desenvolvimento dos processos erosivos superficiais. Nos locais onde os solos superficiais foram removidos e estariam expostos os solos menos evoluídos e mais propícios à instalação de processos erosivos, as obras de escavação da futura dutovia tendem a ser executados nas faixas laterais dos empreendimentoss lineares existentes – rodovia dos Imigrantes, Rodoanel Mário Covas (trechos Sul e Oeste) e Rodovia dos Bandeirantes.

Durante o período de escavação da dutovia, os cuidados maiores deverão ser tomados nas regiões de morros no trecho sul do Rodoanel e, principalmente, nos terrenos de nível alto do Planalto de Jundiaí, mais especificamente na região da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, onde os processos naturais de movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos poderão ser potencializados quando associados com a forte estruturação geológica regional.

Quanto à possibilidade de processos de abatimentos naturais ou induzidos em relevos cársticos reportados em Cajamar, as ocorrências de rochas carbonáticas na Rodovia dos Bandeirantes são consideradas como bastantes restritas comparadas às identificadas na região da Rodovia Anhanguera, entre o bairro de Jordanésia e a cidade de Cajamar.

Os terrenos das unidades morfológicas Depressão do Médio Tietê e Depressão de Mogi-Guaçu são conformados sobre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, ora mais finas e associadas aos grupos Tubarão (parte do Subgrupo Itararé), Guatá (Formação Tatuí) e Passa Dois (formações Irati, Corumbataí, Teresina e Serra Alta), ora mais grossas e relacionadas aos arenitos do Subgrupo Tubarão e da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento (formações Pirambóia e Botucatu). Eventualmente, ocorrem conformados sobre as rochas básicas da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos do Grupo São Bento. Ambas as depressões estão representadas por colinas de topos amplos tabulares, e que, eventualmente, podem apresentar topos convexos, em geral restringindo-se à Depressão do Médio Tietê.

A Depressão do Médio Tietê apresenta um nível de fragilidade potencial médio a baixo susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e por siltitos do Permiano, enquanto que a Depressão de Mogi-Guaçu apresenta, em geral, um nível de fragilidade potencial muito baixo, com baixo potencial erosivo. Desta forma, os cuidados maiores associados às escavações superficiais na futura dutovia – a serem realizadas nessas depressões da Bacia do Paraná – deverão restringir-se aos solos menos evoluídos derivados de rochas sedimentares arenosas do Grupo São Bento a nas regiões em que o empreendimento for implantado em campos abertos e com degradação já instalada e/ou potencializada por atividade agrícola e de pastagens, onde poderão ocorrer processos erosivos lineares de dimensões consideráveis.

Quanto às unidades morfológicas Planalto Residual de São Carlos, Planalto Residual de Franca/Batatais, Planalto Residual de Botucatu, e Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto – todos integrantes da Morofescultura Planalto Ocidental Paulista, predominam colinas de topos amplos aplanados a convexos e colinas baixas de topos amplos tabulares, e na maior parte as declividades predominam entre 2 e 20% e, eventualmente, ocorrem aquelas superiores a 30% nos setores mais dissecados. Associam-se às rochas do Grupo São Bento, conformando os relevos da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (formações Pirambóia e Botucatu) e da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos (Formação Serra Geral e Rochas Intrusivas Tabulares).

Os terrenos associados às unidades morfológicas do Planalto Ocidental Paulista podem apresentar formas de relevo pouco dissecado e fragilidades potenciais muito baixa a baixa, com baixo potencial erosivo, como caracterizado no Planalto de Patamares Estruturais de Ribeirão Preto e nos setores mais aplanados dos interflúvios do Planalto Residual de Franca/Batatais.

Podem ocorrer como formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, ou ainda quando compreendem terras altas e constituem centros dispersores de drenagem e/ou associados às vertentes com maiores declividades, o que resulta em um nível de fragilidade potencial médio, tornando a área susceptível a atividades erosivas, especialmente nos setores mais inclinados das vertentes, ou até mesmo implica em um nível de fragilidade alto a muito alto quando aos terrenos muito dissecados relacionam-se às exposições de solos arenosos derivados dos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu.

Cabe ressaltar que os terrenos de planaltos residuais e de patamares estruturais que agregam as condições de dissecação média, e que poderiam constituir centros dispersores de drenagem e/ou vertentes com maiores declividades, e apresentar as situações mais críticas com nível de fragilidade alto a muito alto, em geral ocorrem mais afastados do traçado norte-sul da futura dutovia, coincidentemente, por motivos alheios ou pela própria compreensão e definição prévias dos terrenos a serem vencidos. No traçado leste-oeste, o Planalto Residual de Botucatu é reconhecido apenas na extremidade oeste da AII do futuro emprrendimento, afastado alguns quilômetros do terminal Botucatu.

10.1.3.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

10.1.3.3.1 Introdução

A Área de Influência Direta (AID) da dutovia ficou definida como uma faixa de um quilômetro de largura para cada lado do eixo do empreendimento. Assim sendo, cruza as unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos Baixada Santista (Ugrhi 7), Alto Tietê (UGHRI 6), Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi 5), Tietê/Sorocaba (Ugrhi 10), Mogi-Guaçu (Ugrhi 9) e Pardo (Ugrhi 4).

Da mesma forma que na Área de Influência Indireta (AII), o traçado da dutovia intercepta terrenos das unidades morfoestruturais Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas e Bacia Sedimentar do Paraná representadas, na AID/ADA, pelas unidades morfoesculturais Planalto Atlântico (Cinturão Orogênico do Atlântico), Planalto de São Paulo e Planícies Litorâneas (Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas), e Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista (Bacia Sedimentar do Paraná).

Na AID/ADA, o Planalto Atlântico inclui as unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiaí; a Depressão Periférica Paulista abrange terrenos da Depressão do Médio Tietê e da Depressão Mogi-Guaçu; o Planalto Ocidental Paulista inclui os planaltos residuais de Botucatu, São Carlos e Franca/Batatais, além do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto; ao passo que as Planícies Litorâneas estão representadas pela Planície Litorânea Santista e as Planícies Fluviais estão representadas pelas Pequenas Planícies Fluviais.

Cada uma dessas unidades morfológicas, juntamente com a Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo, foi subdividida por Ross e Moroz (1997) em Padrões de Formas Semelhantes ou Tipos de Relevo, descritos a seguir. A apresentação das características geomorfológicas da faixa da AID/ADA da Dutovia se baseia nesses Tipos de Relevo.

As Unidades Morfológicas e/ou Morfoesculturais e seus respectivos Padrões de Formas Semelhantes encontram-se cartografadas nos Mapas Geomorfológicos da AID/ADA apresentados em escala 1:50.000 (**Anexo 17. V-6**).

10.1.3.3.2 Unidades Morfológicas/Morfoesculturais e seus Padrões de Formas Semelhantes

Para a definição dos Padrões de Formas Semelhantes presentes em cada uma das unidades morfológicas/morfoesculturais, a metodologia de Ross e Moroz (1997) levou em conta as formas de relevo (planícies, colinas, morros, escarpas, cristas); as características dos setores, elementos ou partes dessas formas como, por exemplo, a morfologia das vertentes (convexas, côncavas, retilíneas e planas), as declividades dessas vertentes, a dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales; bem como formas menores geradas por processos atuais ou ação antrópica, como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de deslizamentos, depósitos coluviais ou de movimentos de massa, depósitos fluviais e pluviais, como bancos de areia e assoreamentos, cortes e aterros executados por máquinas, entre outros.

Morfoescultura Planície Litorânea – Unidade Morfológica Santista

Na faixa da AID/ADA, a Planície Litorânea Santista conforma pequenas planícies flúvio-marinhas posicionadas no fundo de baias e enseadas entre os terrenos cristalinos da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos e as águas oceânicas. São terrenos planos dispostos em áreas descontínuas ao longo da faixa litorânea, com baixa densidade de drenagem de padrão meandrante e anastomosado. Na faixa da AID/ADA compreende as morfologias Planícies Litorâneas Marinhas (**Apm**) e Planícies Litorâneas Intertidais (**Api**).

As Planícies Litorâneas **Apm** são marinhas, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%, formadas por sedimentos marinhos inconsolidados. Predominam amplamente na faixa da AID/ADA entre as estacas 0+7.000m (porção sul-sudoeste) e 4+6.200m (porção norte), intercaladas pelos morros litorâneos e, principalmente com as serras de Santo Amaro, do Quilombo, do Morrão, e encontram-se delimitadas no extremo norte pelos contrafortes da Serra de Cubatão. São drenadas, de norte para sul, pelos rios Cubatão, Perequê, Moji, da Onça, Quilombo e Jurubatuba, assim como alguns de seus afluentes.

As Planícies Litorâneas **Api** são intertidais (mangues), têm altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%, e são formadas por sedimentos marinhos inconsolidados. Representam ambientes de extrema interação entre a forma de relevo, o solo e a cobertura vegetal, e de reprodução de inúmeras espécies da fauna aquática e subaquática. Ocorrem na faixa da AID/ADA restritas à região dos rios da Onça e Quilombo na altura das estacas 3+350m e 3+1.600, e a maior exposição associada ao Rio Diana e ao Canal de Bertioga entre as estacas 2+200m e 2+4.700m.

Nas Planícies Intertidais prevalecem terrenos originados por depósitos marinhos retrabalhados por processos fluviais, com aporte de sedimentos finos continentais (argilas em colóides) que sofrem floculação no contato com as águas salinas procedentes do oceano pela maré alta e, consequentemente, deposição. Estas lamas argilosas são acrescidas de materiais orgânicos provenientes da queda de folhas da vegetação de mangue.

Tanto a **Apm** quanto a **Api** apresentam potencial de fragilidade muito alto. São áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo, constituídas por sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-1** a **10.1.3.3.2-4**, ilustrativas da Unidade Morfológica Santista – Planícies Litorâneas marinhas **Apm** e Planícies Litorâneas intertidais **Api**, reconhecidas na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.3.3.2-1: Vista geral para sudeste da Planície Litorânea Santista, com ocorrência da unidade Planície Litorânea marinha Apm, constituída por sedimentos marinhos inconsolidados, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Vista em primeiro plano do rio Cubatão na faixa da AID/ADA e, ao fundo, dos Canais de Piaçaguera e de Santos, além dos limites da AID.



FOTO 10.1.3.3.2-2: Vista geral para nordeste da Planície Litorânea Santista, com ocorrência da unidade Planície Litorânea marinha Apm, constituída por sedimentos marinhos inconsolidados, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região de implantação do terminal Guarujá.



FOTO 10.1.3.3.2-3: Vista para nordeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região das planícies dos rios Quilombo e da Onça sujeita às inundações periódicas associadas à influência de marés.

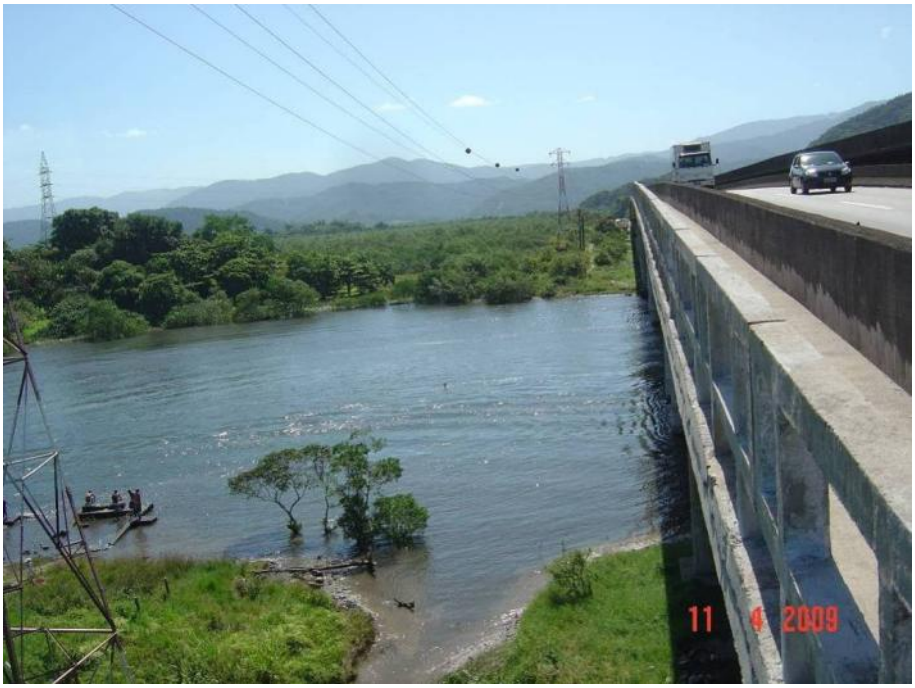


FOTO 10.1.3.3.2-4: Vista para noroeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região da planície do Canal de Bertioga afetada pelas inundações periódicas associadas à influência de marés.

Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos

Essa unidade consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico. Na faixa da AID/ADA é identificada desde a estaca 0+6.400m - no início do continente na região denominada Praia do Guaiuba – e avança até a estaca 4+8.000m, aproximadamente, até o topo da escarpa da Serra do Mar. A unidade ocorre em grande parte intercalada com a Planície Litorânea Santista.

Nesta unidade, na faixa da AID/ADA, predominam formas de relevo denudacionais com modelados na forma de escarpas e cristas com topos aguçados (Da) e, eventualmente, com topos convexos (Dc). O entalhamento dos vales é variável entre 80m e mais de 160m, e a dimensão interfluvial desde menos de 250m até 3750m. As altimetrias variam de 20m a 1000m, com declividades predominantes maiores que 40%, que atingem 60% em setores localizados das vertentes.

Correlacionadas à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, foram reconhecidas na faixa do traçado da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Da52**, e ainda, **Da51**, **Da53, Da33** e **Da32**.

De acordo com Ross e Moroz (1997), predominam gnaisses, migmatitos, micaxistos e granitos na Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, que correspondem principalmente às litologias do Complexo Costeiro e granitóides intrusivos no mesmo, e também àquelas do Complexo Embu, conforme as cartas geológicas São Paulo e Santos (CPRM, 1999).

O relevo dessa unidade é bastante dissecado, e a drenagem, de padrão dendrítico, está condicionada por estruturas relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos. Seu nível de fragilidade potencial é muito alto, em consequência da presença de formas de dissecação muito intensas, com vales de grande entalhamento, alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas, estando sujeita aos processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA52

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da52** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos é largamente predominante sobre as demais. Constitui na faixa da AID/ADA a própria escarpa da Serra do Mar, sendo denominada de Serra de Cubatão na região onde encontram-se instalados os dutos de adução da Usina Henry Borden. É delimitada a norte pelo Planalto Paulistano e a sul pela planície da Baixada Litorânea, sendo que com essa última unidade ocorre intercalada sustentando as serras do Morrão e do Quilombo. É identificada desde as imediações da estaca 2+2.000m até o limite da Serra do Mar com o Planalto Paulistano.

A escarpa da serra é região de nascentes sendo também drenada na faixa da AID/ADA por alguns dos afluentes da margem esquerda do rio Cubatão, e de ambas as margens do rio Perequê, assim como por alguns tributários dos rios Moji, da Onça, Quilombo, Jurubatuba e Diana, que tem as nascentes identificadas nas encostas das escarpas. A litologia predominante na unidade **Da52** pertence ao Complexo Costeiro, mas os granitóides nele intrusivos, além dos xistos, filitos, metassiltitos, quartzitos e metabásicas do Complexo Embu também sustentam importantes feições de relevo na região.

A unidade **Da52** apresenta relevos de denudação formados por escarpas e cristas com topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 20m e 1000m e declividades dominantes maiores que 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito forte, maior que 160m, e a dimensão interfluvial grande, entre 1750m e 3750m.

O parâmetro de fragilidade potencial é considerado muito alto: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Consiste de áreas sujeitas a processos erosivos agressivos inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-5** e **10.1.3.3.2-6** ilustrativas da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da52**, reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.3.3.2-5: Vista geral para noroeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades dominantes maiores que 30%. Terrenos constituem a Serra de Cubatão conformados sobre gnaisses e migmatitos com quartzitos subordinados e milonitizados do Complexo Embu.



FOTO 10.1.3.3.2-6: Vista geral para nordeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar. Região da estaca 3+7.300m com vista das escarpas da Serra do Morrão, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades dominantes maiores que 30%. Terrenos conformados sobre as rochas granitóides do Maciço Granitóide Morrão, e gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA51

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da51** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos ocorre na faixa da AID/ADA na região do município de Cubatão, a sul/sudoeste do traçado da ADA nas proximidades das estacas 4+4.150m. A região é drenada pelos afluentes da margem direita do rio Cubatão. A litologia predominante na unidade **Da51** é representada por biotita gnaisses com gradações para migmatitos estromáticos do Complexo Costeiro.

Compreende relevos de denudação formados por escarpas e cristas com topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 20m e 1000m e declividades dominantes maiores que 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito forte, maior que 160m, e a dimensão interfluvial muito grande, maior que 3750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da51** é muito alto: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Suas áreas estão sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-7**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da51**, reconhecida na faixa da AID/ADA.

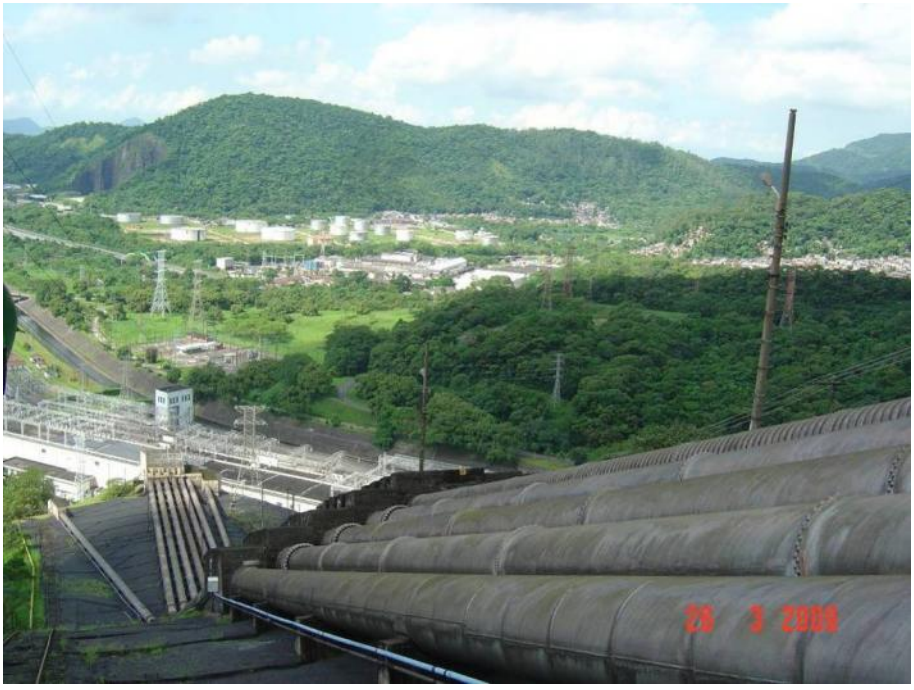


FOTO 10.1.3.3.2-7: Vista para sudoeste – a partir da faixa de dutos da Usina Henry Borden – da unidade Da51 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, com terrenos constituídos por morros altos escarpados com declividades dominantes ao redor de 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses bandados a migmatizados do Complexo Costeiro.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA53

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da53** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos na faixa da AID/ADA encontra-se restrita à ilha de Santo Amaro, na cidade do Guarujá, onde ocupa uma faixa orientada NE-SW na altura das estacas 1+500m até 2+4.000m, aproximadamente, sendo reconhecida pelas denominações de Serra de Santo Amaro e Morro do Botelho. A litologia é composta por granito-gnaisses porfiroclásticos e migmatitos do Complexo Costeiro.

Compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 20m e 1000m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito forte, maior que 160m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da53** é muito alto: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Suas áreas estão sujeitas aos processos erosivos agressivos inclusive com movimentos de massa.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-8**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da53**, reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.3.3.2-8: Vista geral para leste/nordeste da unidade Da53 – ao fundo – pertencente à Unidade Morfológica Morros Litorâneos. Região onde predominam terrenos constituídos por morros altos e médios com topos aguçados e declividades dominantes entre 20% e 30%. Terrenos conformados sobre granito-gnaisses porfiroclásticos e/ou migmatitos do Complexo Costeiro.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA33

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da33** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos ocorre no extremo sudoeste da ilha de Santo Amaro, município de Guarujá, disposta na faixa da AID/ADA desde o Morro da Barra/Saco do Major até a Ponta da Munduba, e vizinho à praia do Guaiuba. A litologia da unidade é representada por biotita granito porfirítico dos *Stocks* Graníticos Santos-Guarujá intrusivos no Complexo Costeiro.

Apresenta relevos de denudação formados por morros altos e médios com topos aguçados a escarpados, com altimetrias predominantes entre 20m e 1000m, e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial é média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da33** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, vales entalhados, e densidade de drenagem média a alta. Seus terrenos configuram, consequentemente, áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-9**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da33**, reconhecida na faixa da AID/ADA.

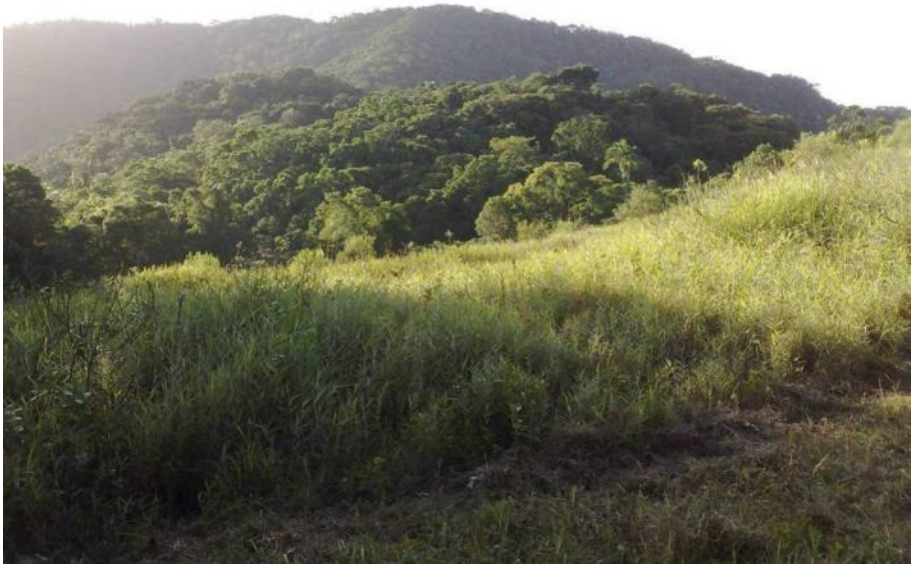


FOTO 10.1.3.3.2-9: Vista geral para noroeste da unidade Da33 pertencente à Unidade Morfológica Morros Litorâneos. Região da estaca 0+7.000m, denominada Morro da Barra, onde ocorrem morros altos e médios de topos aguçados e declividades dominantes entre 20% e 30%. Terrenos conformados sobre biotita granito róseo maciço equigranular (Maciço Granitóide Guarujá-Santos).

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA32

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da32** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos constitui especificamente os morros que ocorrem isolados, sendo reconhecidos e ressaltados topograficamente em meio aos depósitos sedimentares quaternários que conformam a Planície Litorânea Santista.

Os morros litorâneos ocorrem ao longo da faixa da AID/ADA nas proximidades das estacas 4+4.150m a 4+5.470m nas margens do rio Cubatão; ao sul da escarpa da Serra do Mar isolados entre os rios Perequê e Moji, ao redor das estacas 3+8.050m e 4+1.100m; a sul-sudoeste da Serra do Morrão, ao redor da estaca 3+4.100m; a sudeste da Serra do Quilombo, nas proximidades da margem esquerda do rio Jurubatuba, ao redor das estacas 2+6.200m e 2+7.600m, e ainda próximo às margens do Canal de Bertioga, entre as estacas 2+1.400m e 1+1.800m. A litologia dos morros litorâneos isolados compreende migmatitos e gnaisses do Complexo Costeiro.

A unidade **Da32** compreende relevos de denudação formados por morros médios e baixos com topos aguçados, por vezes convexos, com altimetrias predominantes entre 20m e 200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da32** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, sendo classificada como áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-10**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da32**, reconhecida na faixa da AID/ADA.



FOTO 10.1.3.3.2-10: Vista para leste/nordeste da unidade Da32 pertencente à Unidade Morfológica Morros Litorâneos. Região da estaca 4+5.500m, com ocorrência de morro em meio à planície litorânea e com declividade dominante entre 20% e 30%. Terrenos conformados sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro e, por vezes, sobre rochas granitóides intrusivas nesse Complexo. Em primeiro plano, vista do rio Cubatão.

Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê

Localiza-se entre o Planalto de Jundiaí (ao norte), a Serra do Mar (ao sul), o Planalto de Ibiúna/São Roque (a oeste) e o Planalto do Paraitinga/Paraibuna (a leste). Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros médios e altos com topos convexos (Dc), com entalhamento dos vales variando entre menos de 20m até 40m e dimensão interfluvial entre menos de 250m até 1750m. As altimetrias predominantes estão entre 800m e 1000m e as declividades entre 10% e 20%.

A Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê ocupa grande parte da Região Metropolitana de São Paulo (Mapas Geomorfológicos da AID/ADA – **Anexo 17.IV-6**), com uma pequena ocorrência a norte do rio Tietê, até aproximadamente a estaca 13+5.500m, e se estendendo ao sul do rio Tietê até o limite com o topo da Unidade Morfológica Escarpas/Serra do Mar, onde se visualizam os dutos da Usina Henry Borden, na altura da estaca 4+8.000m. Abrange tributários e terrenos dispostos em ambas as margens do rio Tietê, além da sua várzea, assim como os terrenos drenados pelos tributários da margem esquerda do rio Pinheiros, e aqueles dispostos no entorno dos reservatórios Guarapiranga e Billings.

De acordo com Ross e Moroz (1997), a litologia do Planalto Paulistano/Alto Tietê seria basicamente constituída por migmatitos e granitos. Segundo as cartas geológicas São Paulo e Santos (CPRM, 1999), essa unidade abrange os xistos, gnaisses, com migmatitos, calciossilicáticas, quartzitos, mármores e anfibolitos subordinados, do Complexo Embu, além de granitóides intrusivos nos grupos Serra do Itaberaba e São Roque e no Complexo Embu.

A drenagem apresenta padrão dendrítico, às vezes obedecendo às direções estruturais regionais, mas em alguns casos pode ter traçados independentes das direções estruturais.

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial médio, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

Correlacionada ao Planalto Paulistano/Alto Tietê, foram reconhecidas na AID/ADA predominantemente as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc15** no segmento meridional e **Dc25** no trecho setentrional e, de forma subordinada, a Unidade **Dc24** delimitada imediatamente a norte do rio Tietê e ainda entre as estacas 9+950m e 9+5.200m, e a Unidade **Dc23** entre as estacas 9+5.200m e 9+8.650m.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC15

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc15** ocupa extenso trecho da faixa da AID/ADA, delimitada aproximadamente entre a estaca 4+8.000m a sul – com a unidade Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – e ao norte com a estaca 9+950m, onde faz limite com a unidade Dc24.

Neste trecho de cerca de 40 km a faixa do futuro empreendimento se desenvolve sobre a unidade Dc15 – de norte para sul – sobre o segmento sul do Rodoanel (entre as represas Guarapiranga e Billings), acompanha o traçado da Rodovia dos Imigrantes e da Via de Acesso Imigrantes-Anchieta até imediatamente ao sul do seu entroncamento com a Rodovia Anchieta, de onde assume um rumo leste-nordeste até cruzar a Rodovia Caminho do Mar, passando pelo braço sul do Reservatório do Rio das Pedras. Daí, segue para sudeste à direita do Caminho do Mar, acompanhando o acesso até a válvula da Usina Henry Borden, que coincide aproximadamente com o limite sul da unidade **Dc15** com a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar.

A unidade **Dc15** é drenada por tributários da margem direita do Reservatório Guarapiranga, e de ambas as margens do Reservatório Billings como, por exemplo, os ribeirões Vermelho e Bororé, na margem esquerda.

A unidade **Dc15** compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetria entre 800m e 1000m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco (<20m) e a dimensão interfluvial é pequena (<250m). As litologias predominantes são os migmatitos e gnaisses, e também são reconhecidos xistos, filitos, quartzitos, mármores, rochas calciossilicáticas e metassiltitos, todos do Complexo Embu.

Apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito alto: formas de dissecação muito intensa, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta ou vales muito entalhados, com densidades de drenagem menores, cujas áreas estão sujeitas aos processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-11** e **10.1.3.3.2-12** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc15**.



FOTO 10.1.3.3.2-11: Vista geral – com visada para oeste – da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região do entroncamento do Trecho Sul do Rodoanel com a Rodovia dos Imigrantes. À direita da foto, braço da Represa Billings.



FOTO 10.1.3.3.2-12: Vista geral da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região situada entre o entroncamento da Rodovia Anchieta com a via de acesso à Rodovia dos Imigrantes e a bacia do Rio das Pedras/Usina Henry Borden, onde predominam terrenos de baixa declividade constituídos por morros baixos e eventualmente médios.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC25

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc25** do Planalto Paulistano/Alto Tietê encontra-se delimitada aproximadamente entre a estaca 9+8.650m a sul – em contato com a unidade Dc23 nos arredores da Represa de Guarapiranga – e a estaca 12+9.600m a norte, onde encontra-se delimitada com a unidade Apf associada à várzea do rio Tietê na região de Carapicuíba e Osasco.

O trecho onde se desenvolve a unidade **Dc25** tem cerca de 30km sobre a faixa do futuro empreendimento. De norte para sul, essa unidade sustenta o traçado ao longo de grande parte do trecho sul do Rodoanel até os arredores de um braço da Represa de Guarapiranga, onde mantém contato com a unidade Dc23.

A unidade **Dc25** é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Tietê, como o rio Embu-mirim; os ribeirões Carapicuíba e Taquariara; e o córrego da Aldeia.

Ocorre com relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como muito pequena, inferior a 250m. Como litologias predominantes ocorrem os migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, além de xistos subordinados da mesma unidade, distribuídos entre os municípios de Embu e Itapecerica da Serra e os bairros de Parelheiros e Engenheiro Marsilac na cidade de São Paulo. Ao norte, são identificadas as rochas granitóides do maciço Itapevi na região de Osasco e Carapicuíba.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc25** é considerado muito alto: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores, sendo classificada como áreas sujeitas a processos erosivos agressivos inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-13** e **10.1.3.3.2-14** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc25**.



FOTO 10.1.3.3.2-13: Vista geral para norte da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 10+700m, onde predominam terrenos constituídos por morros altos e médios, com talvegues relativamente encaixados e declividades dominantes entre 20% e 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu.



FOTO 10.1.3.3.2-14: Vista geral com visada para sudoeste da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 11+3.000m, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos associados com a várzea do rio Embu-mirim e declividades ao redor de 20% Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC24

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** do Planalto Paulistano/Alto Tietê ocorre na faixa da AID/ADA instalada entre a unidade Da34 do Planalto de Jundiaí e a margem norte do rio Tietê, ocupando o trecho entre as estacas 13+2.400m e 13+5.700m, bem como em uma outra porção, a sudeste da Represa de Guarapiranga e balizada pelas estacas 9+950m e 9+5.200m. No primeiro caso, é drenada por diversos afluentes da margem direita do rio Tietê, onde predominam os litotipos granitóides do Granito Itaqui, enquanto que nas proximidades da Represa de Guarapiranga é drenada por alguns dos tributários da extremidade sul deste reservatório. Aqui, predominam os xistos do Complexo Embu.

Compreende relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-15**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24**.



FOTO 10.1.3.3.2-15: Vista geral para norte da unidade Dc24 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 9+1.600m, onde predominam terrenos com morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%, conformados sobre xistos do Complexo Embu, que exibem diferentes graus de migmatização.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC23

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23** do Planalto Paulistano/Alto Tietê ocorre na faixa da AID/ADA envolvendo as margens da Represa de Guarapiranga e delimitada a sudeste pela unidade Dc24 na altura da estaca 9+5.200m, e a oeste/noroeste pelas unidades Apf/Dc15 delimitada aproximadamente na estaca 9+8.650m. A unidade **Dc23** é drenada por alguns dos tributários que se desenvolvem na extremidade sul da Represa de Guarapiranga. Aqui, predominam os sedimentos terciários da Bacia de São Paulo depositados próximos às margens do reservatório, enquanto os xistos do Complexo Embu são reconhecidos mais afastados, conformando as encostas dos morros.

É representada por relevos de denudação formados por morros médios com altimetria entre 800m e 900m e declividades dominantes de 10% a 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc23** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Consiste de áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Os relevos das unidades Dc15, Dc23, Dc24 e Dc25 identificadas para a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê sofreram adequações topográficas com cortes de encostas de morros e aterros efetuados sobre talvegues e vales, sendo estes tratamentos constantes no traçado do Rodoanel – Trecho Oeste e na Via Anchieta, assim como ao longo de todo o traçado do Rodoanel – Trecho Sul.

A dutovia será instalada sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades atuais e futuras (considerando as obras em execução do Rodoanel – Trecho Sul), de modo geral, também deverão ser inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-16**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23**.



FOTO 10.1.3.3.2-16: Vista geral da unidade Dc23 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 9+5.200m, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos e declividades dominantes entre 10% e 20%. Terrenos conformados preferencialmente sobre xistos e gnaisses do Complexo Embu.

<u>Morfoescultura Planalto de São Paulo</u>

Ocorre na faixa da AID/ADA entre a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e as Planícies Fluviais ocupadas pela várzea do rio Tietê. À Morfoescultura Planalto de São Paulo correlaciona-se a Morfoestrutura da Bacia Sedimentar de São Paulo.

Na Área de Influência Direta (AID), encontra-se delimitada como uma mancha descontínua no município de Osasco, na margem direita do córrego Carapicuíba, entre as estacas 13km e 13+1.400m, aproximadamente. Contudo, seus depósitos não são atravessados pelo traçado do Rodoanel – Trecho Oeste e, por consequência, pelo futuro empreendimento.

Nesta unidade predomina a forma de relevo denudacional cujo modelo constitui-se basicamente por colinas e patamares aplanados, cujo tipo de Padrão de Formas Semelhantes é reconhecido pelo modelado dominante Dc23. Destacam-se vales com cabeceiras entalhadas, enquanto que nos patamares o entalhamento é pequeno, em torno de 20m. Os patamares são aplanados e predominam em altitudes ao redor de 740m, enquanto que as colinas atingem entre 760m e 800m. Como litologias dominantes ocorrem argilitos/lamitos, arenitos e lentes de conglomerados correlatos à Formação Resende da Bacia de São Paulo.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC23

Correlacionada à Morfoescultura Planalto de São Paulo ocorre, na AID/ADA, a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23**, representada por relevos de denudação formados por colinas e patamares aplanados e com altimetria entre 700m e 800m e declividades dominantes de 20% a 30%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc23** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Consiste de áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí

O Planalto de Jundiaí localiza-se a noroeste da Grande São Paulo, a partir da estaca 13+5.500m. Ocorrem as formas de relevo denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas e morros baixos com topos convexos (Dc), como também os morros altos com topos aguçados (Da). Dentre as colinas e morros com topos convexos, predominam os modelados Dc24, Dc33 e Dc35, enquanto que os morros altos de topos aguçados têm modelados Da34 e Da44.

São observadas altimetrias de nível alto (900m a 1200m) e de nível médio (800m a 900m) no Planalto de Jundiaí. No primeiro caso, as declividades predominantes situam-se entre 20% e 30%, atingindo até 60% em algumas vertentes, como é o caso da Serra do Japi, delimitada a sudoeste de Jundiaí (estacas 17+2.800m a 17+7.800m), que tem seu topo sustentado por quartzitos e a base por granitos. No nível médio as declividades são de 10% a 20%.

No que diz respeito à litologia, segundo Ross e Moroz (1997), a Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí é constituída por granitos e quartzitos no nível alto, e por gnaisses e migmatitos no nível médio.

Na faixa da AID/ADA, os relevos do nível alto são sustentados por metarenitos arcoseanos, quartzitos e metaconglomerados da Formação Boturuna do Grupo São Roque, a sudoeste da estaca 14+3.700m até a 13+5.800m. Quartzitos puros ou quartzitos feldspáticos ou conglomeráticos, xistos diversos com lentes de quartzitos, e gnaisses subordinados do Complexo Piracaia, além de rochas ígneas intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé, presentes na porção sul do município de Jundiaí, bem como filitos, metarenitos, metarcóseos, quartzitos, calciossilicáticas, anfibolitos metabásicas, micrometaconglomerados e metagrauvacas da Formação Estrada dos Romeiros, do Grupo São Roque, nos municípios de Cajamar e Franco da Rocha, também sustentam os relevos de nível alto do Planalto de Jundiaí no intervalo entre as estacas 16+2.550m e 17+7.800m.

As mesmas litologias da Formação Estrada dos Romeiros, bem como filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, com metamargas e calcários da Formação Pirapora do Bom Jesus do Grupo São Roque, além de xistos diversos das formações Nhanguçu e Morro da Pedra Preta, do Grupo Serra do Itaberaba, sustentam os relevos de nível médio do Planalto de Jundiaí nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo. No intervalo entre as estacas 17+7.800m e 20+9.000m, entretanto, abrangendo territórios dos municípios de Jundiaí, Itupeva, Louveira, Vinhedo, Valinhos e Campinas, os gnaisses bandados a migmatizados do Complexo Piracaia, predominantemente, respondem pelas feições do relevo de nível médio na faixa da AID/ADA do futuro empreendimento.

A drenagem é do tipo dendrítica, com formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, propiciando ao Planalto de Jundiaí um nível de fragilidade potencial alto, estando a região sujeita a movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos.

Na AID/ADA, o Planalto de Jundiaí está representado pelas Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Da34**, **Da44**, **Dc24**, **Dc35** e **Dc33**, estando a última individualizada tanto nos terrenos de relevo de nível médio como também naqueles de nível alto.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA34

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da34** é identificada entre as estacas 13+5.800m até 14+3.700m do traçado do futuro empreendimento, conformada sobre o Maciço Granitóide Itaqui na região de Osasco e as rochas metamórficas dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque entre Osasco e a região de Perus, extremo norte de São Paulo, e Caieiras, no entroncamento com a Rodovia dos Bandeirantes, arredores do Pico do Jaraguá. Também é reconhecida na porção sudeste da cidade de Jundiaí, desde a estaca 16+8.500m até a estaca 17+2.900m.

Nos arredores de São Paulo, é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Juqueri e por tributários da margem direita do rio Tietê, a maior parte pertencente à bacia do rio Cabuçu de Baixo. Em Jundiaí, os terrenos da unidade **Da34** são esculpidos pelas drenagens da vertente meridional da Serra do Japi, contribuintes da margem direita do rio Jundiuvira e por drenagens secundárias da margem esquerda do rio Jundiaí.

A **Da34** compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

À unidade **Da34** associam-se, na faixa da AID/ADA, as rochas calciossilicáticas, filitos, xistos, metarenitos, quartzitos e anfibolitos das formações Nhanguçu e Morro da Pedra Preta do Grupo Serra do Itaberaba na região de São Paulo e, principalmente, os metarenitos, metassiltitos, metarcóseos, metagrauvacas, quartzitos e metaconglomerados da Formação Boturuna do Grupo São Roque, litologias essas que sustentam o relevo ressaltado do Pico do Jaraguá, que ocorre além do limite da AID/ADA.

No sudeste de Jundiaí, na base da Serra do Japi, também são reconhecidas rochas ígneas associadas à unidade **Da34**, agora delimitada como uma estreita faixa imediatamente a oeste da Rodovia dos Bandeirantes. Essas rochas ígneas são classificadas principalmente como granitos róseos, equigranulares, médios e grossos e, de forma subordinada, ocorrem granitos maciços equigranulares, cinza, médios e finos, e granitos porfiróides, cinza, inequigranulares, pertencentes ao Maciço Granitóide Terra Nova do Domínio Socorro-Guaxupé.

Na sua continuidade, a partir da Rodovia dos Bandeirantes até os terrenos instalados a sudeste da cidade de Jundiaí e nos arredores de Várzea Paulista, a unidade **Da34** passa a refletir a estruturação imposta pela unidade dos gnaisses peraluminosos migmatizados, onde predominam os muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos finos a médios do Complexo Piracaia (CPRM, 1999).

A unidade **Da34** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto com formas muito dissecadas, vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem. É considerada área sujeita aos processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Da34** do Planalto de Jundiaí na ADA, especificamente o trecho a sudeste da cidade de Jundiaí entre as estacas 16+8.500m até a estaca 17+2.900m, sofreram intensas adequações topográficas, sendo verificados cortes de encostas de morros e aterros efetuados sobre talvegues e vales. Estes tratamentos constantes no traçado da Rodovia dos Bandeirantes durante a sua implantação e as medidas de proteção realizadas ao longo dos anos posteriores suprimiram ou mitigaram sobremaneira os processos de erosão e de movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se desenvolvido.

O duto do futuro empreendimento será instalado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades atuais na faixa da ADA, de modo geral, são inferiores a 5%.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-17** e **10.1.3.3.2-18** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da34** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-17: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da34 (Planalto de Jundiaí) com morros altos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia. Entroncamento das rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes. Altura da estaca 17km. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.3.2-18: Vista geral da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí – Unidade de Padrão e Formas Semelhantes Da34. Emboque do túnel na região do Morro Doce sustentado por metaconglomerados e metarcóseos do Grupo São Roque. Em primeiro plano, entroncamento do Rodoanel com a Rodovia Anhanguera instalada no vale sobre as rochas metavulcano-sedimentares do Grupo Serra do Itaberaba.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA44

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da44** é identificada como uma faixa alongada com orientação geral SW-NE localizada entre as estacas 16+7.800m e 16+8.600m, aproximadamente. Encontra-se distribuída na região limítrofe dos municípios de Cajamar, Franco da Rocha e Jundiaí e intimamente associada às escarpas meridionais da Serra do Japi, sendo drenada por afluentes da margem direita do rio Jundiuvira.

A **Da44** compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 30% e 40%. O grau de entalhamento dos vales é forte, entre 80m e 160m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

Associados à unidade **Da44** e sustentando o relevo dos contrafortes meridionais da Serra do Japi e as vertentes das drenagens que atingem o vale encaixado do rio Jundiuvira na faixa da AID/ADA, são reconhecidos os sericita filitos e quartzo filitos, lentes de filitos grafitosos, com intercalações subordinadas de metarenitos, metarcósios, quartzitos finos com gradações para microconglomerados, anfibolitos e calciosssilicáticas da Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (CPRM, 1999). Essas litologias encontram-se intensamente afetadas, orientadas e milonitizadas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, reconhecida no vale do rio Jundiuvira e nos contrafortes da Serra do Japi, imediatamente ao norte.

A unidade **Da44** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto com formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem. É considerada área sujeita aos processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Da44** ao longo da ADA – restritos ao trecho a sudeste da cidade de Jundiaí entre as estacas 16+7.700m e 16+8.600m – sofreram adequações topográficas, sendo verificados cortes de encostas de morros altos e amplos retaludamentos, como também aterros efetuados sobre talvegues encaixados. Os tratamentos realizados para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes e as medidas de proteção adotadas nos anos posteriores suprimiram ou diminuíram a ocorrência dos processos de erosão e de movimento de massa.

O duto do futuro empreendimento será instalado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros altos e talvegues encaixados na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades atuais na faixa da ADA, de modo geral, são inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-19** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da44** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-19: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da44 (Planalto de Jundiaí) com morros altos e alongados de topos aguçados onde ocorrem rochas metapelíticas do Grupo São Roque afetadas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Visada para noroeste. Altura da estaca 16+7.900m. Região da divisa dos municípios de Cajamar e Jundiaí.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC24

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** do Planalto de Jundiaí ocupa extensa área na faixa da AID/ADA, sendo reconhecida desde a região central do município de Jundiaí até Campinas, no trecho do empreendimento compreendido entre as estacas 17+7.800m e 20+9.000m.

A unidade **Dc24** é drenada por diversos afluentes de ambas as margens dos rios Jundiaí e Capivari.

Compreende relevos de denudação formados por colinas e morros médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 700m e 800m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

Associados à unidade **Dc24** são reconhecidos, de forma predominante na faixa da AID/ADA, gnaisses do Complexo Piracaia. Entre as estacas 17+7.8000m e 19+5.100m ocorrem gnaisses migmatizados, principalmente biotita gnaisses xistosos finos a médios, enquanto que entre as estacas 19+5.100m e 20, aproximadamente, ocorrem gnaisses bandados tonalíticos a dioríticos com intercalações de biotita gnaisses granitóides, além de gnaisses xistosos, e plagioclásio gnaisses cinza-médios com intercalações de biotita gnaisses-graníticos (CPRM, 1999).

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto, pois apresenta formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, além de alta densidade de drenagem, sendo seus terrenos considerados como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Dc24** ao longo da ADA que, de modo geral, apresentam um relevo com menores declividades na faixa da AID quando comparado àqueles ocorrentes nas unidades **Da34** e **Da44**, também apresentam adequações topográficas, com cortes menos pronunciados de suas colinas e morros, e aterros aplicados aos vales amplos e abertos. Desta forma, a própria conformação natural aliada aos tratamentos adotados durante a implantação da Rodovia dos Bandeirantes e as medidas de proteção que se seguiram posteriormente propiciam a diminuição e/ou supressão da ocorrência dos processos de erosão e de movimento de massa que caracterizam a unidade.

O duto do futuro empreendimento será instalado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que atenua ainda mais as declividades naturais suaves observadas nas encostas de suas colinas e morros baixos e médios associados a talvegues amplos na faixa da AID, quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades na faixa da ADA, de modo geral, são inferiores a 5%.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-20** e **10.1.3.3.2-21** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** (Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí), reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-20: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 18+1.000m com visada para leste-nordeste. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.3.2-21: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 20+2.300m com visada para sudeste. Município de Itupeva.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC33 - RELEVO DE NÍVEL MÉDIO

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** – associada com terrenos onde predomina o relevo de nível médio – é reconhecida entre as estacas 14+3.700m e 16+2.550m, nos municípios de São Paulo, Caieiras, Franco da Rocha e Cajamar.

Seus terrenos são drenados pelos afluentes de ambas as margens do rio Juqueri, com destaque para a sub-bacia do ribeirão dos Cristais e afluentes secundários que drenam as áreas na região de Cajamar.

A unidade **Dc33** (relevo de nível médio) compreende relevos de denudação formados por colinas com morros médios subordinados, ambos com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 700m e 800m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc33** é identificada estruturada sobre as rochas psamo-pelíticas e rochas metavulcano-sedimentares de baixo e médio grau metamórfico dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, respectivamente.

Do Grupo São Roque, destacam-se as ocorrências de metacalcários e metadolomitos da Formação Pirapora do Bom Jesus, e os filitos, metarritmitos e metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros (CPRM, 1999).

Ainda segundo a CPRM (1999), do Grupo Serra do Itaberaba são reconhecidos os xistos porfiroblásticos da Formação Nhanguçu, e os micaxistos, xistos bandados (micaxistos/metarenitos), e anfibolitos bandados (metatufos) da sequência metavulcano-sedimentar basal, denominada Formação Morro da Pedra Preta, sendo que essa última formação é intrudida por rochas ígneas representadas pelo *Stock* Granítico Tico-Tico, reconhecido imediatamente a norte do rio Juqueri e instalado entre as rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc33** (relevo de nível médio) é caracterizado como médio, com predomínio das formas de relevo com dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, constituindo terrenos com áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

De modo geral, os terrenos da unidade **Dc33** (relevo de nível médio) apresentam um relevo com menores declividades na faixa da AID comparado àqueles das unidades **Da34** e **Da44**. Na faixa da ADA, as adequações topográficas e tratamentos efetuados junto às encostas de seus morros médios – que predominam como forma de relevo – e aterros executados sobre vales mais encaixados, durante a implantação da Rodovia dos Bandeirantes e as medidas de proteção que se seguiram, propiciaram a diminuição e/ou supressão da ocorrência dos processos erosivos, caracterizados como relativamente comuns na unidade **Dc33**.

O duto do futuro empreendimento será instalado na ADA sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, com encostas laterais protegidas por cortes e implantação de taludes e bermas, atenuando as declividades naturais verificadas nas encostas dos morros médios, assim como os aterros aplicados aos talvegues relativamente encaixados na faixa da ADA. As declividades na ADA, de modo geral, tendem a ser inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-22** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (relevo de nível médio) da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-22: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 – relevo de nível médio (Planalto de Jundiaí) com morros médios de topos convexos conformados sobre rochas do Grupo Serra do Itaberaba. Arredores da estaca 14+7.700m com visada para noroeste. Município de São Paulo.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC33 - RELEVO DE NÍVEL ALTO

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** associada com terrenos onde predomina o relevo de nível alto ocorre entre as estacas 17+2.900m e 17+7.800m, distribuída a sul da cidade de Jundiaí. Seus terrenos são drenados preferencialmente pelos afluentes da margem esquerda do rio Jundiaí e abrigam as cabeceiras de cursos d'água contribuintes da margem direita do rio Jundiuvira.

A unidade **Dc33** (relevo de nível alto) compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc33** na faixa da AID conforma o patamar superior de parte da Serra do Japi e associa-se à unidade dos quartzitos feldspáticos brancos e finos, com eventuais intercalações de rochas calciossilicáticas, quartzitos conglomeráticos, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia – Domínio Socorro-Guaxupé. Também engloba, mais para oeste, na região da Rodovia dos Bandeirantes, rochas ígneas classificadas como granitos róseos foliados e, de forma subordinada, gnaisses migmatizados com destaque para os muscovita-sillimanita-granada- biotita gnaisses xistosos finos e médios do Complexo Piracaia.

Apresenta parâmetro de fragilidade potencial médio, com predomínio das formas de relevo com dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, representando áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Os terrenos da unidade **Dc33** (relevo de nível alto) do Planalto de Jundiaí presentes na ADA no trecho a sul da cidade de Jundiaí, entre as estacas 17+2.900m e 17+7.800m, também foram adequados topograficamente. São frequentes os cortes de encostas de morros médios no sopé da Serra do Japi, onde estão expostos os gnaisses do Complexo Piracaia, assim como os aterros efetuados sobre talvegues e vales médios. Estes tratamentos constantes no traçado da Rodovia dos Bandeirantes durante a sua implantação e as medidas de proteção realizadas ao longo dos anos posteriores suprimiram ou mitigaram os processos de erosão e, de forma subordinada, aqueles associados ao movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se desenvolvido.

O duto do futuro empreendimento será instalado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. De modo geral, as declividades atuais na faixa da ADA após a implantação da Rodovia, são inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-23** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (relevo de nível alto) pertencente à Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-23: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 – relevo de nível alto (Planalto de Jundiaí) com morros médios e altos de topos convexos sobre gnaisses do Complexo Piracaia, reconhecidos no sopé da Serra do Japi. Visada para sul a partir da estaca 17+7.500m. Município de Jundiaí.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC35

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc35** ocorre como uma faixa alongada de direção geral SW-NE, identificada nos arredores de Cajamar e Franco da Rocha, entre as estacas 16+2.550m e 16+7.800m, onde é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Jundiuvira ou por afluentes da margem direita do ribeirão dos Cristais.

Compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial muito pequena, menor que 250m.

A unidade **Dc35** ocorre, na região de Cajamar e Franco da Rocha, estruturada sobre os terrenos constituídos pela unidade de sericita filitos e quartzo filitos bandados, por vezes com lentes subordinadas de filitos grafitosos, além de intercalações de metarenitos, metarcósios, quartzitos, rochas calciossilicáticas, anfibolitos, metabásicas e quartzitos finos que gradam para microconglomerados. Essa unidade faz contato com outra unidade, representada por sericita filitos e quartzo filitos laminados/quartzitos puros e impuros, localmente contendo lentes de microconglomerados, filitos grafitosos bandados, por vezes com lentes subordinadas de filitos grafitosos e intercalações de anfibolitos. Ambas as unidades pertencem à Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (CPRM, 1999).

A unidade **Dc35** apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito alto: formas de relevo com dissecação muito intensa, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Seus terrenos são classificados como sujeitos aos processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

Os terrenos da unidade **Dc35** do Planalto de Jundiaí na ADA – entre as estacas 16+2.550m e 16+7.800m, sofreram adequações topográficas para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, onde o futuro duto deverá ser instalado. São verificados cortes de encostas de morros altos com execução de taludes e bermas de equilíbrio e observam-se aterros recobrindo talvegues e vales relativamente encaixados. Estes tratamentos realizados durante a implantação da Rodovia, assim como medidas de proteção realizadas nos anos posteriores, suprimiram ou mitigaram os processos de erosão – caracterizados como agressivos nessa unidade, e aqueles de movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se instalado.

Dessa forma, o duto do futuro empreendimento será executado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros médios e altos da unidade e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. Atualmente, as declividades na faixa da ADA, de modo geral, são inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-24** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc35** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-24: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc35 (Planalto de Jundiaí) representada por morros médios e altos de topos convexos associados às rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (Grupo São Roque). Arredores da estaca 16+5.300m. Visada para sudeste. Região da divisa dos municípios de Franco da Rocha e Cajamar.

Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Depressão do Médio Tietê localiza-se entre o Planalto de Jundiaí, a leste, o Planalto Ocidental Paulista, a oeste, e a Depressão de Mogi-Guaçu, ao norte. Na faixa da AID/ADA, a unidade ocorre desde as imediações da fronteira entre Itupeva e Campinas até as proximidades da fronteira sul de Araras, bem como na maior parte do trecho leste-oeste, à exceção das imediações do terminal Botucatu.

As formas de relevo denudacionais constituem-se basicamente de colinas de topos amplos tabulares (Dt) e convexos (Dc), onde os vales têm entalhamento preferencialmente até 20m e dimensão interfluvial que varia de 750m a 3750m, mas podem ocorrer alguns pequenos trechos onde os entalhamentos são mais acentuados. As altimetrias predominantes estão entre 500m e 650m, enquanto que as declividades variam de 5% a 10%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por diabásios e arenitos. De acordo com as cartas geológicas Campinas da CPRM (1999), e Bauru do convênio Daee/Unesp (1984), a Depressão do Médio Tietê está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente rochas da Formação Pirambóia, como arenitos finos a médios com matriz siltíco-argilosa e com estratificação cruzada de médio a grande porte; Formação Corumbataí, com siltitos e argilitos além de níveis ocasionais de arenito médio e laminações plano-paralelas inclinadas; Formação Serra Alta, apresentando lamitos e folhelhos; Formação Teresina, com rochas predominantemente pelíticas com camadas de arenitos calcários oolíticos e coquinas silicificadas; Formação Tatuí com arenitos, siltitos, arenitos calcíferos e intercalações de carvão, siltitos arenosos e argilosos, ocorrendo também arenitos médios intercalados em siltitos arenosos com arenitos muito finos; Formação Irati, com folhelhos betuminosos e calcários fossilíferos, na porção inferior, siltitos e folhelhos, com nível conglomerático basal; e rochas do Subgrupo Itararé, com arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão. Ocorrem ainda diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros das Rochas Intrusivas Tabulares, e depósitos colúvio-aluvionares indiferenciados do Cenozóico.

A rede de drenagem apresenta-se bem organizada e nela destacam-se o rio Tietê e seus dois afluentes, o rio Piracicaba e o rio Sorocaba, que apresentam um padrão dentrítico, "com orientação estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litólicos resistentes, especialmente os diabásios" (ALMEIDA, 1964 *in* ROSS E MOROZ, 1997).

A Depressão do Médio Tietê tem formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica, portanto, em um nível de fragilidade potencial médio a baixo. A área é susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados da parte oeste, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e por siltitos do Permiano.

Correlacionada à Depressão do Médio Tietê, foram reconhecidas na faixa da AID-ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12**, **Dc15** e **Dc24,** no eixo norte-sul, e Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12**, **Dt11**, **Dc13**, **Dc14**, **Dc24** e **Dc33** no eixo leste-oeste.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DT12

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** ocorre distribuída a partir da estaca 22+6.200m, aproximadamente, até as imediações da estaca 30km, no trecho noroeste-sudeste, e desde as imediações da estaca 54km até o terminal Paulínia, no trecho leste-oeste, abrangendo parte dos municípios de Campinas, Monte Mor, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Iracemápolis, Rio das Pedras, Cosmópolis e Paulínia. Seus terrenos são drenados por afluentes da margem esquerda do rio Capivari e pelo rio Piracicaba e alguns de seus afluentes de ambas as margens, especialmente o ribeirão dos Toledos e o rio Atibaia.

Sustentam a unidade **Dt12** principalmente as rochas do Subgrupo Itararé, que incluem arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, principalmente, além de lamitos; bem como Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, constituídas por sedimentos arenosos, sílticos e areníticos pouco consolidados; Rochas Intrusivas Tabulares, representadas por diques de diabásios ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros e andesitos pórfiros, dentre outras rochas intrusivas; arenitos grossos a muito finos com estratificação cruzada, além de diamictitos, lamitos arenosos e siltitos argilosos da Formação Aquidauana; siltitos e argilitos, ocasionalmente com níveis de arenitos médios da Formação Corumbataí; folhelhos betuminosos, calcários fossilíferos, siltitos e folhelhos da Formação Irati; argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com níveis de sílex e calcários oolíticos da Formação Teresina; além de arenitos, siltitos, arenitos-calcíferos e intercalações de carvão na seção superior, com siltitos-arenosos e argilosos na seção inferior da Formação Tatuí. Todas essas litologias integram a Bacia do Paraná.

Capeando as unidades do Subgrupo Itararé também são identificadas as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, enquanto que no vale de um dos afluentes do rio Capivari podem ocorrer exposições dos gnaisses migmatizados do Complexo Piracaia com predomínio dos gnaisses xistosos.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos amplos e tabulares (planos), com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dt12** é considerado baixo, com formas de relevo com dissecação baixa, com vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa. Seus terrenos abrigam áreas de potencial erosivo baixo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-25** a **10.1.3.3.2-29** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê), e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-25: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Arredores da estaca 23+9.750m. Região dos municípios de Campinas e Sumaré.



FOTO 10.1.3.3.2-26: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois). Região da estaca 29+2.300m. Região dos municípios de Iracamápolies e Cordeirópolis.



FOTO 10.1.3.3.2-27: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 da Depressão do Médio Tietê, onde são reconhecidas colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Região da estaca 59+9.300m. Município de Cosmópolis.



FOTO 10.1.3.3.2-28: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), capeadas por sedimentos recentes (Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas). Região da estaca 58+600m, a nordeste do terminal Santa Bárbara. Município de Limeira.



FOTO 10.1.3.3.2-29: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 da Depressão do Médio Tietê, onde ocorrems colinas de topos amplos e tabulares (planos). Na região entre as estacas 54+4.000m e 56+1.000m, a unidade pode ser idetnificada associada aos diabásios da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares, às rochas sedimentares dos grupos Passa Dois e Guatá (formações Corumbataí, Irati e Tatui), por vezes recobertos por sedimentos recentes (Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas). Foto obtida a partir da estaca 54+6.750m. Município de Rio das Pedras.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC24

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** da Depressão do Médio Tietê se encontra delimitada em grande parte na cidade de Campinas e arredores imediatos, entre as estacas 20+9.000m e 22+5.800m, e se estende no sentido do município de Paulínia, onde ocupa a porção onde se instalará o terminal Paulínia. Também é identificada a oeste do terminal Anhembi, entre a margem esquerda do ribeirão dos Remédios ou Bonito e a margem direita do rio Alambari, entre as estacas 47+7.600m e 48+3.600m.

Em Campinas e Paulínia, é drenada por contribuintes da margem esquerda do rio Capivari e, de forma bastante subordinada, por afluentes da margem esquerda do rio Atibaia e que vão desaguar neste corpo d'água fora dos limites da AID. Em Anhembi, é drenada pelos afluentes da margem esquerda do Reservatório de Barra Bonita.

A unidade **Dc24** encontra-se conformada sobre os diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, entre outras litologias, da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares; mas principalmente sobre rochas do Subgrupo Itararé, sendo reconhecidas as unidades dos arenitos médios a grossos, arcoseanos a subarcoseanos, com laminações cruzadas a plano-paralelas; dos arenitos finos laminados; dos ritmitos e arenitos laminados argilo-siltosos; e dos lamitos com seixos associados a arenitos em camadas lenticulares e a ritmitos em camadas tabulares. Capeando as Rochas Intrusivas Tabulares e o Subgrupo Itararé também são identificadas extensas manchas dos depósitos das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas.

Em Anhembi, a unidade **Dc24** é sustentada pelos argilitos, folhelhos e siltitos da Formação Teresina.

A unidade **Dc24** compreende relevos de denudação formados por colinas de topos amplos e convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como sujeitos aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-30** e **10.1.3.3.2-31** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê), e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-30: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e convexos conformados Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e convexos conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) Região da estaca 21+8.300m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.3.3.2-31: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 da Depressão do Médio Tietê, com colinas de topos amplos e convexos esculpidas sobre rochas sedimentares finas (folhelhos, argilitos e siltitos) da Formação Teresina (Grupo Passa Dois). Estaca 48+2.000m. Município de Anhembi.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DT11

A unidade **Dt11** tem distribuição restrita na AID/ADA, ao longo da margem direita do reservatório de Barra Bonita, território dos municípios de Anhembi e extremo sudoeste de Piracicaba, entre o terminal Anhembi e a estaca 50km.

Com relação à litologia, a unidade é sustentada por arenitos finos a médios com matriz síltico-argilosa da Formação Pirambóia e por argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos, da Formação Teresina.

Compreende relevos de denudação formados por colinas com topos amplos tabulares, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial muito grande, acima dos 3750m.

A unidade **Dt11** apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito baixo: formas muito pouco dissecadas a planas com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem. Potencial erosivo muito baixo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-32** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-32: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Depressão do Médio Tietê) onde predominam colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre folhelho, argilitos e siltitos da Formação Teresina (Grupo Passa Dois) presentes em fundos de vales, intercalada com arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento), que ocupam a meia encosta e o topo das colinas. Região da estaca 48+9.700m. Município de Anhembi.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC13

A unidade **Dc13** localiza-se a nordeste do terminal Botucatu, entre as estacas 46+940m e 47+7.700m do trecho leste-oeste, abrangendo predominantemente o município de Anhembi. Como litologia ocorrem exclusivamente os arenitos muito finos a médios com matriz síltico-argilosa da Formação Pirambóia.

Compreende relevos de denudação formados por colinas com topos amplos convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc13** apresenta parâmetro de fragilidade potencial médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Constitui áreas sujeitas a forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-33** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-33: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc13 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e convexos esculpidas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 46+8.250m. Município de Anhembi.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC14

A unidade **Dc14** ocupa uma grande extensão contínua no trecho leste-oeste do empreendimento, entre as estacas 50+5.500m e 54+3.500m, municípios de Piracicaba e Saltinho, mas ocorre também em dois outros pequenos trechos na região das estacas 56+950m e 56+5.000m, município de Santa Bárbara d'Oeste, e 48+3.600m e 48+5.600m, em Anhembi.

Em Anhembi, é identificada na margem esquerda do Reservatório de Barra Bonita, entre o ribeirão Bonito e o rio do Peixe. Em Piracicaba e Saltinho, é drenada por diversos afluentes da margem direita do rio Tietê.

Com relação à litologia, predominam arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, da Formação Pirambóia e siltitos e argilitos com níveis ocasionais de arenito médio da Formação Corumbataí, seguidos de arenitos, siltitos, arenitos-calcíferos e intercalações de carvão na seção superior, com siltitos-arenosos e argilosos na seção inferior, da Formação Tatuí; folhelhos betuminosos e calcários fossilíferos na seção superior, com siltitos e folhelhos com nível conglomerático basal na seção inferior, da Formação Irati; arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos do Subgrupo Itararé; e argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos da Formação Teresina.

Compreende relevos de denudação formados por colinas com topos amplos convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

A unidade **Dc14** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem. Compreende áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-34** a **10.1.3.3.2-36** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc14** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê), e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-34: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc13 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos convexos esculpidas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 52+5.450m. Região limítrofero dos municípios de Saltinho e Piracicaba.



FOTO 10.1.3.3.2-35: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc13 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos convexos conformadas sobre arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 51+6.250m com visada para sudeste. Município de Piracicaba.



FOTO 10.1.3.3.2-36: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc13 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos convexos conformadas sobre rochas sedimentares finas da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois). Foto obtida a partir de uma ocorrência – ponto alto – das Rochas Intrusivas Tabulares. Região da estaca 54+2.650m. Limite dos municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC33

A unidade **Dc33** localiza-se a leste do terminal Anhembi e a norte do traçado do futuro empreendimento, principalmente no trecho da estaca 50km até a 50+5.600m, ocupando o extremo oeste do município de Anhembi e sendo drenada por diversos tributários da margem direita do Reservatório de Barra Bonita (rio Tietê). Está correlacionada com arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, da Formação Pirambóia.

Compreende relevos de denudação formados por colinas com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é médio, de 40m a 80m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc33** apresenta parâmetro de fragilidade potencial médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Constitui áreas sujeitas a forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-37** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-37: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos convexos conformadas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 50+3.550m. Região dos municípios de Saltinho e Piracicaba.

Unidade Morfológica Depressão de Mogi-Guaçu

De acordo com Ross e Moroz (1997) a unidade denominada Depressão de Mogi-Guaçu localiza-se na porção centro-norte do Estado de São Paulo, entre o Planalto Atlântico (Planalto de Rio Grande e Planalto de Serra Negra/Lindóia) a leste, o Planalto Ocidental Paulista (Patamares de Ribeirão Preto e Planalto Residual de São Carlos) a oeste, a Depressão do Médio Tiete ao sul e o Estado de Minas Gerais ao norte. Na AID a unidade ocorre aproximadamente entre as estacas 30 a 34, município de Araras.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado é constituído basicamente por colinas de topos tabulares amplos (Dt12), onde os vales são entalhados até 20m e a dimensão interfluvial oscila entre 1750m e 3750m. As altimetrias predominante estão entre 500 e 650m, e as declividades predominam entre 5 e 10%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos. Segundo a carta geológica Campinas da CPRM (1999), a Depressão de Mogi-Guaçu está relacionada, na AID/ADA, às rochas da Bacia do Paraná, notadamente da Formação Corumbataí, composta por siltitos e argilitos, ocasionalmente níveis de arenito médio, laminações plano-paralelas inclinadas, estruturas lenticulares e convolutas, e da Formação Pirambóia, constituída por arenitos muito finos a médios com matriz síltico-argilosa e com estratificação cruzada de médio a grande porte. Subordinadamente, observam-se litotipos da Formação Irati, como folhelhos betuminosos e calcários fossilíferos na seção superior, e siltitos e folhelhos, com nível conglomerático basal na seção inferior, além de rochas do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana, com arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão, além de conglomerados e ritmitos. Ocorrem ainda diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros, midrodioritos pórfiros e traquitos pertencentes às Rochas Intrusivas Tabulares.

A rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural. "O padrão dendrítico é bastante frouxo tendendo por vezes a um tipo retangular." (ALMEIDA, 1964 *in* ROSS E MOROZ, 1997). Os principais rios dessa unidade são o Mogi-Guaçu e o Pardo.

Por apresentar padrão de dissecação baixo com vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa, esta unidade apresenta, em geral, um nível de fragilidade potencial muito baixo, com baixo potencial erosivo.

Correlacionada à Depressão de Mogi-Guaçu, foi reconhecida na faixa da AID/ADA a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12.**

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DT12

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** ocorre distribuída ao longo de toda a Depressão de Mogi-Guaçu na AID/ADA, como supracitado. Sendo a Depressão de Mogi-Guaçu constituída unicamente por esse padrão de modelado, tanto na AII quanto fora de seus limites, à unidade Dt12 se aplicam as correlações litológicas e as demais características descritas acima.

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** compreende relevos de denudação formados por colinas de topos amplos tabulares, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de 5% a 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dt12** é considerado baixo: formas de relevo com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa. Seus terrenos abrigam áreas de potencial erosivo baixo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-38** a **10.1.3.3.2-40** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** (Unidade Morfológica Depressão de Mogi-Guaçu), e reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-38: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão de Mogi-Guaçu) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformados sobre rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois). Região da estaca 30+8.800m. Município de Araras.



FOTO 10.1.3.3.2-39: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão de Mogi-Guaçu) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformados sobre rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois). Região da estaca 32. Município de Araras.



FOTO 10.1.3.3.2-40: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão de Mogi-Guaçu) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformados sobre rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois). Região da estaca 33+1.700m. Município de Corumbataí.

Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos

De acordo com Ross e Moroz (1997) a unidade denominada Planalto Residual de São Carlos corresponde ao reverso da Cuesta no inter-flúvio Tietê/Mogi-Guaçu. Localiza-se entre o Planalto Central Ocidental e a Depressão Periférica Paulista. Na AID, a unidade ocorre entre as estacas 34+800m e 38+6.100m, municípios de Santa Cruz da Conceição, Analândia, Pirassununga e Descalvado, no trecho noroeste-sudeste do traçado. A unidade é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Mogi-Guaçu, especialmente o ribeirão do Pântano.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais constituídas basicamente por colinas de topos convexos (Dc) e tabulares (Dt) dos tipos Dc22, Dc23, Dc33 e Dc34, com vales de entalhamento variando de 20m a 80m e a dimensão interfluvial entre 250m a 3750m, e Dt11, com vales com entalhamento menor do que 20m e dimensão interfluvial acima de 3750m. As altimetrias predominante estão entre 600 e 900m, e as declividades predominam entre 2 e 20% na maior parte da área, sendo superiores a 30% nos setores mais dissecados do terreno.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia predominante são os depósitos arenosos e argilosos. Segundo as cartas geológicas Campinas da CPRM (1999), e Ribeirão Preto do convênio Daee/Unesp (1982), a unidade Planalto Residual de São Carlos está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente da Formação Pirambóia, como arenitos finos a médios com matriz síltico-argilosa e com estratificação cruzada de médio a grande porte. Subordinadamente, são identificados arenitos finos a médios, com estratificação cruzada de grande porte da Formação Botucatu, e diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros, midrodioritos pórfiros e traquitos da unidade Rochas Intrusivas Tabulares. De maneira muito restrita, ocorrem ainda siltitos e argilitos, ocasionalmente níveis de arenito médio, com laminações plano-paralelas inclinadas, e estruturas lenticulares e convolutas da Formação Corumbataí.

Esta unidade apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica em um nível de fragilidade potencial médio a baixo para os terrenos pouco dissecados e alto a muito alto para os terrenos muito dissecados dos tipos **Dc23**, **Dc33** e **Dc34.**

Correlacionadas ao Planalto Residual de São Carlos foram reconhecidas na faixa da AID-ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc12**, **Dc33** e **Dt11**.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC12

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc12** ocorre distribuída ao longo da faixa da AID, por todo o Planalto Residual de São Carlos, principalmente à direita do traçado do futuro empreendimento, predominantemente sustentada por litologias da Formação Pirambóia. Suas principais ocorrências situam-se entre as estacas 35km a 36+2.100m e 37+1.200m a 38+4.000m.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 600m e 900m e declividades dominantes de 10% a 20%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc12** é considerado baixo: formas de relevo com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa. Seus terrenos abrigam áreas de potencial erosivo baixo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-41** e **10.1.3.3.2-42** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc12** (Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos), e reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-41: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc12 (Planalto Residual de São Carlos) com colinas de topos convexos conformadas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 35+6.300m. Município de Descalvado.



FOTO 10.1.3.3.2-42: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc12 (Planalto Residual de São Carlos) com colinas de topos convexos conformadas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 37+6.350m. Município de Descalvado.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC33

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** tem distribuição expressiva na faixa da AID, onde ocupa o intervalo entre as estacas 34+800m a 35, 35+5.200 a 35+8.200m, 36+2.000m a 36+4.000m, e 37+2.300m a 38+6.500m (margem direita do ribeirão do Pântano), aproximadamente, em território dos municípios de Analândia, Santa Cruz da Conceição e Descalvado. As três últimas ocorrências, localizadas em Descalvado, estão correlacionadas principalmente com os litotipos das Formações Botucatu e Serra Geral.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 600m e 900m e declividades dominantes de 10% a 20%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como média, entre 750m e 1750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc33** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Constitui áreas sujeitas a forte atividade erosiva.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-43** e **10.1.3.3.2-44** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos), e reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-43: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 (Planalto Residual de São Carlos) com colinas de topos convexos conformadas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 34+5.350m. Município de Santa Cruz da Conceição.



FOTO 10.1.3.3.2-44: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 (Planalto Residual de São Carlos) com colinas de topos convexos conformadas sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia em transição para os arenitos da Formação Botucatu por vezes sustentados por derrames basálticos. Região da estaca 38+3.800m. Município de Descalvado.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DT11

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11** ocupa o intervalo entre as estacas 36+4.000m e 37+2.300m, aproximadamente, município de Descalvado.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos tabulares, com altimetrias predominantes entre 600m e 900m e declividades dominantes de 10% a 20%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como muito grande, maior que 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dt11** é considerado muito baixo, pois as formas são muito pouco dissecadas a planas, com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem, o que redunda em potencial erosivo muito baixo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-45** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11** (Unidade Morfológica Planalto Residual de São Carlos), e reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-45: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Planalto Residual de São Carlos) com colinas de topos amplos e tabulares conformados sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região da estaca 36+6.450m. Município de Descalvado.

<u>Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto</u>

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto localiza-se na porção noroeste da morfoescultura da Bacia do Paraná e limita-se a oeste e sudoeste com o Planalto Residual de São Carlos, ao norte com o Planalto Centro Ocidental e a leste e a sudeste com a Depressão Periférica Paulista. Na faixa da AID, a unidade ocorre desde a estaca 38+6.500m, aproximadamente, até o terminal Serrana, no trecho noroeste-sudeste do traçado, abrangendo os municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas amplas e baixas com topos tabulares (Dt). Os tipos de Padrões de Formas Semelhantes predominantes são o Dt11, Dt12 e Dt13, com vales de entalhamento médio com menos de 20m e dimensão interfluvial variável entre 750m a mais de 3750m. As altimetrias predominantes estão entre 500 e 700m, e as declividades entre 2 e 10% .

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por basaltos. Segundo a carta geológica Ribeirão Preto do convênio Daee/Unesp (1982), a unidade Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente rochas da Formação Botucatu, como arenitos finos a médios, com estratificação cruzada de grande porte, e basaltos tholeiíticos da Formação Serra Geral.

Ao longo dos vales das drengens mais expressivas ocorrem exposições de arenitos muito finos a médios com matriz síltico-argilosa e estratificação cruzada de médio a grande porte da Formação Pirambóia.

Os principais rios que drenam esta unidade são o Mogi-Guaçu, o Pardo e o ribeirão Preto. Na AID do futuro empreendimento, a porção sul da unidade é drenada por afluentes do rio Mogi-Guaçu, e da margem esquerda do rio Pardo, como o ribeirão Tamanduá.

Por apresentar formas de relevo pouco dissecado, com vales pouco entalhados e vertentes de declividades baixas, além de baixa densidade de drenagem, a Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto apresenta fragilidade potencial muito baixa, com baixo potencial erosivo.

Correlacionadas à unidade Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, foram reconhecidas na faixa da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc11** e **Dt11**.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DT11

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11** predomina amplamente sobre o modelado Dc11 dentro dos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto na faixa da AID, sendo reconhecida em Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio e São Simão, desde a estaca 38+6.500m até a 44+3.300m.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos tabulares, com altimetrias predominantes entre 500m e 700m e declividades dominantes de 2 a 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como muito grande, maior que 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dt11** é considerado muito baixo: formas muito pouco dissecadas a planas com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem. Potencial erosivo muito baixo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-46** a **10.1.3.3.2-48** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11** (Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-46: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) com colinas de topos amplos e tabulares conformados sobre os arenitos da Formação Botucatu (Grupo São Bento). Região da estaca 40+3.300m. Município de Santa Rita do Passa Quatro.



FOTO 10.1.3.3.2-47: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) com colinas de topos amplos e tabulares esculpidas em arenitos da Formação Botucatu (Grupo São Bento). Altura da estaca 42+3.500m. Região de Luiz Antônio e São Simão.



FOTO 10.1.3.3.2-48: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) com colinas de topos amplos e tabulares instaladas em terrenos de transição entre arenitos das formações Botucatu e Pirambóia (Grupo São Bento). Altura da estaca 43+9.000m. Limite dos municípios de São Simão e Cravinhos.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC11

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc11** ocorre no extremo norte do trecho noroeste-sudeste do traçado, a norte da estaca 44+3.300m e nas imediações do terminal Serrana. A região compreende predominantemente os basaltos tholeiíticos da Formação Serra Geral, com exposições subordinadas de arenitos das formações Botucatu e Pirambóia.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 700m e declividades dominantes entre 2% e 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como muito grande, maior que 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc11** é considerado muito baixo: formas muito pouco dissecadas a planas com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem. Potencial erosivo muito baixo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-49** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc11** (Unidade Morfológica Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-49: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt11 (Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) com colinas de topos amplos convexos conformadas sobre arenitos da Formação Botucatu tercalados com os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Altura da estaca 45+7.000m. Região do Município de Serrana.

Unidade Morfoescultural Planalto Residual de Botucatu

De acordo com Ross e Moroz (1997), a unidade denominada Planalto Residual de Botucatu corresponde ao reverso de Cuesta no interflúvio Tiête/Paranapanema. Localiza-se na parte central do Estado de São Paulo, entre o Planalto Central Ocidental e a Depressão Periférica Paulista. Na AID/ADA, a unidade ocorre subordinadamente, nas imediações do terminal Botucatu, trecho leste-oeste do traçado do futuro empreendimento, na região das estacas 46km a 46+940m.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais constituídas basicamente por colinas com topos amplos convexos (Dc) e tabulares (Dt). Os Padrões de Formas Semelhantes são Dc22 e Dc24, com vales de entalhamento de 20m a 40 metros e dimensão interfluvial variando de 250m a 3750m, e Dt13, com os vales atingindo entalhamento de até 20m e dimensão interfluvial de 750m a 1750m. As altimetrias predominantes estão entre 600 e 900m, e as declividades são de 10% a 20%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por arenitos e lâminas de argilitos e siltitos. Segundo a carta geológica Bauru do convênio Daee/Unesp (1984), a Unidade Morfoescultural Planalto Residual de Botucatu está relacionada às rochas da Bacia do Paraná representadas, nesse trecho da AID/ADA, exclusivamente pelos arenitos muito finos a médios com matriz síltico-argilosa e com estratificação cruzada de médio a grande porte da Formação Pirambóia.

Esta unidade é uma área dispersora de drenagens por constituir terrenos elevados de borda da Bacia do Paraná. As formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, traduzem-se por uma fragilidade potencial média, tornando a área susceptível a atividades erosivas, especialmente nos setores mais inclinados das vertentes.

Correlacionada ao Planalto Residual de Botucatu, foi reconhecida na faixa da AID/ADA a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24**.

UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DC24

A unidade **Dc24** compreende relevos de denudação formados por colinas com topos amplos convexos, com altimetrias predominantes entre 600m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales fraco, de 20m a 40m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

A unidade **Dc24** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, com alta densidade de drenagem. São áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.3.2-50** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** (Unidade Morfológica Residual de Botucatu) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-50: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto Residual de Botucatu) onde predominam colinas de topos amplos convexos conformados sobre os arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Arredores da estaca 46. terminal Botucatu. Região limítrofe dos municípios de Anhembi e Botucatu.

Morfoescultura Planícies Fluviais – Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais

Consiste de áreas descontínuas distribuídas sobre a maioria dos modelados identificados na faixa da AID/ADA. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de agradação. Encontram-se dispostos junto às margens dos rios e constituem áreas baixas e planas.

As Planícies Fluviais **Apf** apresentam declividades inferiores a 2% e posicionam-se em diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Associam-se, na faixa da AID/ADA, aos depósitos de várzea do rio Tietê, do rio Embu-mirim e do córrego Carapicuíba, dos rios Juqueri, Jundiaí e Capivari, e afluentes maiores deste último, assim como de alguns dos tributários das bacias de drenagem dos reservatórios Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras. São identificadas, ainda, ao longo das margens dos tributários dos rios Piracicaba, Jaguari, Mogi-Guaçu e Pardo.

As principais ocorrências encontram-se delimitadas entre as estacas 5+2.500m e 5+4.000m, 6km e 6+900m, 7+2.000m e 7+4.000m, 8+2.000m e 9+4.500m, 9+8.000m e 10km, 10+2.000m e 11+5.100m, 11+9.000m e 13+3.700m, 14+4.000m e 14+5.300m, 14+9.300m e 15+800m, 15+7.800m e 16+2.300m (imediações do terminal RMSP (Caieiras)), 16+7.100m e 16+8.600m, 17+8.900m e 18km, 18+1.100m e 19+900m, 19+4.900m e 19+6.400m, 20km e 20+4.000m, e na altura da estaca 21+6.200m. A norte do terminal Santa Bárbara, as planícies fluviais são frequentes mas pouco expressivas em área, à exceção daquelas presentes nas estacas 30+1.130m a 39+3.000m, 39+6.600m a 39+7.260m, 42+5.200m a 42+9.000m e 44+6.150m ao terminal Serrana.

Possuem potencial de fragilidade muito alto, pois são áreas sujeitas às inundações periódicas e tendem a apresentar lençol freático pouco profundo, além dos sedimentos inconsolidados estarem sujeitos a acomodações.

Outras ocorrências menores são reconhecidas em campo. Contudo, as dimensões reduzidas destes corpos de várzeas associados aos afluentes menores não permitem sua cartografia nos mapas apresentados em escala 1:50.000.

Parte das planícies fluviais podem ainda encontrar-se recobertas, ou sofrerem alagamentos sazonais associados ao enchimento dos reservatórios de Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras.

Os terrenos conformados nas regiões das planícies fluviais **Apf** – sejam os cartografados nos mapas apresentados, sejam aqueles de menores dimensões identificados no campo – sofreram adequações topográficas, tendo sido em parte aterrados para a implantação do traçado do Rodoanel, do Trecho Oeste já implantado e do Trecho Sul em execução, bem como da Rodovia dos Bandeirantes.

A dutovia será instalada sobre uma superfície topográfica regularizada no traçado da ADA, com a diminuição considerável das declividades naturais anteriores, e ainda reconhecidas nos talvegues associados à unidade **Apf** na faixa da AID. De modo geral, as declividades observadas na faixa atual da Rodovia dos Bandeirantes e aquelas a serem atingidas ao término das obras do Trecho Sul do Rodoanel, são inferiores a 5% no traçado da rodovia e, por consequência, da ADA no futuro duto.

As obras de cortes/retaludamento e proteção superficial das encostas dos morros das unidades dos planaltos de Jundiaí, Paulistano/Alto Tietê e de São Paulo – onde as planícies fluviais encontram-se encaixadas – assim como os aterros efetuados sobre os talvegues e vales mais profundos associados às planícies fluviais para a implantação do Rodoanel e da Rodovia dos Bandeirantes, diminuíram consideravelmente a ocorrência de processos de instabilidade e de erosão das encostas dos morros e dos talvegues e, por consequência, mitigaram a possibilidade de assoreamento das várzeas da unidade Planície Fluviais Apf, assim como dos corpos d'água dos reservatórios cortados pelo Rodoanel e, da mesma forma, pelo futuro empreendimento.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.3.3.2-51** e **10.1.3.3.2-52** referentes à Planícies Fluviais **Apf** (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) reconhecida na faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.3.3.2-51: Vista da Unidade Planícies Fluviais Apf (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) instalada sobre os terrenos do Planalto de Jundiaí. Várzea do rio Jundiaí, nos arredores da Rodovia dos Bandeirantes. Região da estaca 18+9.750m. Município de Jundiaí.



FOTO 10.1.3.3.2-52: Unidade Planícies Fluviais Apf (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) instalada sobre terrenos da Bacia do Paraná. Várzea do córrego São Simão, nos arredores do trevo da Rod. Anhanguera com Rod. Conde Francisco Matarazzo Jr. Região da estaca 42+6.750m. Município de São Simão.

10.1.3.3.3 Conclusões sobre a Geomofologia da Faixa da AID/ADA

Nas morfologias associadas à Unidade Morfológica Santista – Planícies Litorâneas Marinhas (**Apm**) e Planícies Litorâneas Intertidais (**Api**) – e à Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais – Planícies Fluviais (**Apf**) – são reconhecidos os terrenos planos que constituem os terrenos baixos de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária representadas por depósitos flúvio-marinhos, mistos ou fluviais, onde operam processos de agradação.

Os relevos **Apm**, **Api** e **Apf** (ou unidades de padrões e formas semelhantes) ocorrem no fundo de baias e enseadas e recobrem parcialmente os terrenos cristalinos das unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de São Paulo e Planalto de Jundiaí, ou as rochas sedimentares da Depressão Periférica (Depressão do Médio Tietê e Depressão de Mogi-Guaçu) e do Palnalto Ocidental Paulista (representado pelos planaltos residuais de São Carlos, de Franca/Batatais e de Botucatu, e pelo Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto), que compõem a Bacia do Paraná.

Com relação aos relevos **Apm**, **Api** e **Apf**, as escavações para a implantação da dutovia deverão expor o aquífero freático nestas condições, o que deverá agravar as condições de estabilidade dos taludes escavados, considerando o predomínio de solos arenosos e argilosos inconsolidados, além da eventual influência da oscilação da maré em áreas **Api**.

De acordo com o traçado indicado para a ADA, a futura dutovia deverá ser implantada nos relevos **Apm** e **Api** sobre uma superfície topográfica previamente aterrada e regularizada onde ocorreram a instalação da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, da malha urbana do Guarujá e de Vicente de Carvalho, e de áreas industriais no município de Cubatão, sendo que tais aterros têm propiciado uma diminuição considerável na possibilidade de inundações periódicas das áreas baixas.

Nas regiões de travessias de corpos d'água e áreas alagadiças, as estruturas das pontes da Rodovia Piaçaguera-Guarujá deverão ser utilizadas para a fixação do duto, o que tende a diminuir ou mesmo eliminar os efeitos das inundações periódicas associadas às variações das marés, notadamente nos terrenos **Api**. Os aterros existentes podem ainda propiciar uma diminuição da influência do lençol freático pouco profundo, comumente reconhecido nos relevos **Apm** e **Api**. Também deve ser destacado que a escavação para aimplantação da futura dutovia é considerada de pouca profundidade, com cerca de 2,0m.

De modo geral, do sopé da escarpa da Serra de Cubatão até a região urbana da Ilha de Santo Amaro – cidade do Guarujá – os sedimentos argilosos e arenosos inconsolidados dos terrenos **Apm** e **Api**, em sua maior parte já foram impactados quanto às principais acomodações, durante e após a execução dos aterros da rodovia, e aqueles associados à expansão das cidades, de suas áreas urbanas e industriais e suas malhas viárias internas, quando da intensa intervenção antrópica ocorrida durante as últimas décadas.

Em alguns intervalos da futura dutovia na Baixada Litorânea, terrenos sujeitos às acomodações dos sedimentos inconsolidados e exposição do lençol freático associados às unidades de padrões e formas semelhantes **Apm**, **Api** e **Apf**, assim como, de forma subordinada, trechos sujeitos à influência de inundações periódicas (terrenos da planície litorânea marinha **Apm**), serão escavados sobre a malha urbana implantada, como verificado na região entre o Morro do Botelho e o sopé Morro Icanhema na cidade do Guarujá, onde obras de aterro sobre os sedimentos e/ou escavações nos sedimentos serão efetuadas, notadamente na região de implantação do terminal Guarujá, onde os solos inconsolidados poderão receber fundações profundas.

Nos terrenos onde ocorrem os relevos **Da51**, **Da52**, **Da53**, **Da32** e **Da33** associados à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos predomina o relevo de escarpas e cristas com topos aguçados ou topos convexos, além de morros isolados de topos aguçados e convexos. De modo geral, o traçado proposto para a futura dutovia desvia dos morros isolados existentes (**Da32**) na Baixada Litorânea, sendo que sua faixa deverá ocupar principalmente os terrenos associados aos relevos **Apm**, **Api** e **Apf**, com exceção da região do Morro Icanhema (**Da33**), onde a travessia deverá ser transposta por túnel, dos arredores do terminal Guarujá até a linha de costa.

Associados às escarpas da serra do Mar, serão efetivamente atravessadas pela futura dutovia as serras do Quilombo e de Cubatão, e em ambos os locais associa-se a unidade de relevo **Da52**. Da mesma forma, o traçado da dutovia desvia de um morro isolado que constitui a unidade **Da51**. No trecho a ser implantado na serra de Cubatão, a futura dutovia em grande deverá aproveitar a faixa de domínio dos dutos de adução da Usina Henry Borden.

Caracteristicamente, as unidades de relevo descritas para a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos têm vertentes das escarpas muito inclinadas e sujeitas aos processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

A travessia do Morro Icanhema (**Da33**) na extremidade sudoeste da Ilha de Santo Amaro e eventuais processos de movimentos de massas, deverão ser em parte mitigados ou eliminados com a execução de um túnel de ligação a partir dos arredores do terminal Guarujá até o Oceâno Atlântico.

Na região da Rodovia Piaçaguera-Guarujá instalada e que transpõe a serra do Quilombo (unidade **Da52**), o traçado do novo duto deverá aproveitar faixas já impactadas e atualmente protegidas com relação à problemática declividade x instabilidade e erosão. Problemas semelhantes poderão ocorrer nas encostas com declividade mais acentuada durante a fase de implantação e, posterioremente, no período de operação, considerando que na vertente setentrional da serra do Quilombo são reconhecidas na base dos cortes de implantação da rodovia, obras de contenção, como concreto projetado e parades atirantadas.

A unidade de relevo **Dc23** associada à Morfoescultura Planalto de São Paulo predomina o relevo denudacional de colinas e patamares aplanados, onde os processos de erosão e de instabilidade estão ausentes ou apresentam baixa intensidade. Contudo, as obras de escavação da futura dutovia não atravessarão os seus terrenos.

As unidades morfológicas Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiaí abrigam terrenos conformados sobre diversas rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas pertencentes aos domínios Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé. Nesses planaltos encontram-se instaladas as obras viárias Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia Imigrantes, Rodoanel Mário Covas – trechos Sul e Oeste – e Rodovia dos Bandeirantes. O traçado da futura dutovia acompanha – com pequenos desvios – as próprias faixas de servidão destas vias.

Nas unidades de padrões e formas semelhantes **Dc15**, **Dc25**, **Dc24 e Dc23** identificadas no Planalto Paulistano/Alto Tietê predominam morros médios e altos com topos convexos, com formas de dissecação média a alta, vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que classifica os terrenos dessas unidades como sujeitos a fortes atividades erosivas.

Contudo, conforme pode ser verificado nos levantamentos de campo realizados, na Interligação Anchieta-Imigrantes e na Rodovia Imigrantes até a região da Represa Billings, o relevo **Dc15** apresenta características de morros baixos – ou mesmo de colinas – com declividade suave, o que associados aos serviços de conservação das rodovias reduz consideravelmente a instalação e/ou a propagação de processos erosivos.

Nos trecho sul do Rodoanel e em parte do trecho Oeste do Rodoanel, até a região do rio Tietê, em terrenos onde ocorrem as unidades **DC24** e **Dc25**, as quais seriam relativamente mais propícias à instalação de processos erosivos, da mesma forma, as implantações dos cortes dos morros e extensos aterros junto à drenagens atravessadas e porções inferiores de encostas, aliadas aos serviços de manutenção, também minimizam de forma considerável a instalação de eventuais processos erosivos.

Às unidades de padrões e formas semelhantes do Planalto de Jundiaí associam-se terrenos mais ao norte – entre Jundiaí e Campinas - onde predominam os morros baixos (frequentemente de aspecto colinoso) com topos convexos e que mantém estreita correlação com os gnaisses do Complexo Piracaia (**Dc24**), e às rochas do Domínio São Roque (**Dc35 e Dc33 nível médio)**; e também são reconhecidos entre o rio Tietê e os arredores da cidade de Jundiaí aqueles terrenos de morros altos com topos aguçados (**Da34**, **Da44** e **Dc33 nível alto)** associados às intrusões graníticas e aos quartzitos da serra do Japi, sendo que nestas últimas regiões são reconhecidas formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, e caracterizadas com própícias aos movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos.

Os relevos cársticos ocorrem associados à sequência de pelíticas com calcáreos subordinados, sendo reconhecidos na região de Cajamar-Jordanésia – para oeste, além da faixa AID/ADA – e associada à unidade de relevo **Dc33** (**nível baixo**). Contudo, a mesma sequência litológica é verificada na Rodovia dos Bandeirantes na região das estacas 15+4.000m e 15+8.000, não sendo conhecidas ocorrências na faixa de servidão da rodovia existente, nesta região.

Deve-se ainda ressaltar que nos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiaí, os solos residuais maduros (ou solos superficiais) evoluídos a partir dos mais diversos tipos das rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas, são caracterizados como homogêneos e/ou maciços e de constituição argilo-arenosa a areno-argilosa. Também apresentam manto de alteração relativamente espesso, dificultando a instalação e o desenvolvimento dos processos erosivos superficiais.

Nos locais onde os solos residuais maduros foram removidos e ocorrem os solos menos evoluídos – em geral maias afetados por processos erosivos – as obras de escavação da futura dutovia tendem a ser executados nas faixas laterais das obras viárias existentes e com boas condições de manutenção/conversação, como pode ser verificado na Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, na Rodovia Imigrantes, nos trechos Sul e Oeste do Rodoanel e na Rodovia dos Bandeirantes.

Durante o período de escavação da dutovia, os cuidados maiores deverão ser tomados nas regiões de morros no trecho sul do Rodoanel e, principalmente, nos terrenos do Planalto de Jundiaí, mais especificamente na região da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira (**Dc33 nível médio**), onde os processos naturais de movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos poderão ser potencializados quando associados com a forte estruturação geológica regional.

Para a faixa da AID/ADA, na Bacia do Paraná são reconhecidas as unidades morfológicas Depressão do Médio Tietê e Depressão de Mogi-Guaçu, que constituem parte da Depressão Periférica, e as unidades morfológicas Planalto Residual de São Carlos, Planalto Residual de Botucatu e Planalto em Patamares Estruturados de Ribeirão Preto, que integram o Planalto Ocidental Paulista.

Na Bacia do Paraná, podem ocorrer rochas predominantemente pelíticas associadas em parte ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), à Formação Tatuí (Grupo Guatá) e às formações Irati, Corumbataí, Teresina e Serra Alta (Grupo Passa Dois), e outras rochas mais grossas, arenosos, e relacionadas aos Subgrupo Itararé e àormação Aquidauna (Grupo Tubarão) e às formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento). Eventualmente, as unidades de relevo ocorrem conformadas e associadas aos basaltos (Formação Serra Geral) ou aos diabásios (unidade das Rochas Intrusivas Tabulares).

Correlacionada à Depressão do Médio Tietê, foram reconhecidas na faixa da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12**, **Dc15** e **Dc24,** no eixo norte-sul, e Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12**, **Dt11**, **Dc13**, **Dc14**, **Dc24** e **Dc33** no eixo leste-oeste. Correlacionada à Depressão de Mogi-Guaçu, foi reconhecida na faixa da AID/ADA a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12.** Preferencialmente, as depressões estão representadas por colinas de topos amplos tabulares, sendo que, eventualmente, podem ocorrer colinas de topos convexos.

Correlacionadas ao Planalto Residual de São Carlos foram reconhecidas na faixa da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc12**, **Dc33** e **Dt11**, enquanto que à unidade Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto foram reconhecidas na faixa da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc11** e **Dt11**. Com relação ao Planalto Residual de Botucatu, ocorre na faixa da AID/ADA a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24**.

De modo geral, a Depressão do Médio Tietê apresenta um nível de fragilidade potencial médio a baixo susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados. O substrato rochoso é constituído por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e por siltitos do Permiano, enquanto que a Depressão de Mogi-Guaçu apresenta, em geral, um nível de fragilidade potencial muito baixo, com baixo potencial erosivo.

Os cuidados maiores associados às escavações superficiais na futura dutovia para os terrenos associados a essas depressões, deverão restringir-se aos solos menos evoluídos derivados de rochas sedimentares arenosas das formações Pirambóia e Botucatu, preferencialmente naqueles locais onde a futura dutovia se desenvolver sobre campos abertos – pastangens e cultivos – com degradação já instalada e/ou potencializada por estas atividades, onde poderão ocorrer processos erosivos lineares de dimensões consideráveis.

Quanto às unidades morfológicas do Planalto Residual de São Carlos, do Planalto Residual de Botucatu e do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, predominam colinas de topos amplos aplanados a convexos e colinas baixas de topos amplos tabulares, e na maior parte as declividades predominam entre 2 e 20% e, eventualmente, ocorrem aquelas superiores a 30% nos setores mais dissecados. Associam-se às rochas das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento), além de ocorrências subordinadas de basaltos (Formação Serra Geral) e diabásios (Rochas Intrusivas Tabulares).

Os relevos que constituem as unidades de padrões e formas semelhantes **Dc11**e **Dt11** podem apresentar formas de relevo pouco dissecado e fragilidades potenciais muito baixa a baixa, com baixo potencial erosivo, como caracterizado no Planalto de Patamares Estruturais de Ribeirão Preto.

Também são reconhecidas formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, ou ainda quando compreendem terras altas e constituem centros dispersores de drenagem e/ou associados às vertentes com maiores declividades, o que resulta em um nível de fragilidade potencial médio, tornando a área susceptível a atividades erosivas, especialmente nos setores mais inclinados das vertentes, ou até mesmo implica em um nível de fragilidade alto a muito alto quando aos terrenos muito dissecados relacionam-se às exposições de solos arenosos derivados dos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento), do Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana (Grupo Tubarão).

Os terrenos de planaltos residuais e de patamares estruturais – reconhecidos no traçado norte-sul da futura dutovia – que agregam as condições de dissecação média e que poderiam constituir centros dispersores de drenagem e/ou vertentes com maiores declividades, e apresentar as situações mais críticas com nível de fragilidade alto a muito alto, encontrma-se localizados relativamente afastados da faixa da AID. No traçado leste-oeste, o Planalto Residual de Botucatu é reconhecido apenas na extremidade oeste da faixa da AID/ADA da futura dutovia, afastado alguns quilômetros do terminal de Botucatu.

10.1.4 PEDOLOGIA

Deve-se considerar que, para a maior parte do traçado da dutovia, as obras de escavação associadas à implantação dos dutos ocorrerão a profundidades inferiores a 2,0m. Da mesma forma, as obras de regularização topográfica da superfície nos arredores e acessos imediatos para a implantação dos dutos também não devem exceder essas profundidades.

As propriedades dos solos superficiais a serem atravessados e escavados pela futura dutovia e pela implantação dos terminais projetados associam-se à alteração dos maciços rochosos, e os mesmos são abordados na Geologia. As propriedades desses solos são também explanadas na Geomorfologia, e seus atributos e eventuais problemas que mereçam destaque para a implantação da obra, considerados então os arredores imediatos e regionais são avaliados no capítulo de Geotecnia na AII e, posteriormente, detalhados nos textos referentes à AID e à ADA.

Em virtude do maior grau de detalhe do mapeamento e abordagens específicas da Área de Influência Direta (AID), no que se refere aos temas da Geologia e Geomorfologia e, principalmente, da Geotecnia, considera-se adequado a apresentação dos estudos pedológicos de forma conjunta envolvendo as faixas da AII e da AID e, por consequência, a própria ADA, nos traçados norte-sul e leste-oeste da futura dutovia, incluindo seus terminais.

Dessa forma, a Pedologia será abordada no contexto regional. As grandes ordens e sub-ordens de solos seccionadas pelos traçados da dutovia – e as suas diversas unidades de mapeamento, que ocupam áreas de menor expressão – e as questões relativas ao tema serão consideradas de forma conjunta para as faixas da AII e da AID. Da mesma forma como nos temas geologia, geomorfologia e geotecnia, a AID e a ADA para o traçado foram tratadas indistintamente, já que a ADA se caracteriza por faixa reduzida (15 metros de largura) inserida na AID.

Concluindo, o tema Pedologia será abordado regionalmente, de forma conjunta para a AII e para a AID/ADA. Importante ressaltar que a obtenção de dados primários referentes à geologia, geomorfologia e geotecnia na AID/ADA será suficiente para a caracterização do solo nessas áreas de estudo.

10.1.4.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Os estudos pedológicos foram desenvolvidos para a Área de Influência Indireta (AII) com base em levantamentos secundários obtidos através do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA ET AL., 1999), na escala 1:500.000, e na descrição das classes de solos proposta por Oliveira (1999). Como justificado no item anterior, não será necessário levantamento específico para a AID/ADA, sendo a pedologia ratada de forma regional, cabendo o detalhamento aos demais temas.

As Classes de Solo – e suas diversas unidades de mapeamento – reconhecidas ao longo da faixa AII/AID foram compiladas do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA ET AL., 1999) e apresentados em escala 1:250.000. Constituem o **Anexo 17. IV-3**.

10.1.4.2 Área de Influência Indireta (AII) e Área de Influência Direta (AID)

O traçado da futura dutovia cruza diversas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a saber: Baixada Santista (Ugrhi-07), Alto Tietê (Ugrhi-06), Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05), Tietê/Sorocaba (Ugrhi-10), Mogi-Guaçu (Ugrhi-9) e Pardo (Ugrhi-04), citadas a partir do extremo sudeste do empreendimento projetado.

A definição da faixa da AII em cada uma dessas unidades para o tema Pedologia apoiou-se nos mesmos critérios utilizados nos temas Geologia e Geomorfologia do Meio Físico. A decisão de tratar o tema de forma regional (AII/AID/ADA) foi justificada no item anterior.

10.1.4.2.1 Introdução

As classes de solos reconhecidas na Área de Influência Indireta (AII) incluem os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS; os GLEISSOLOS SÁLICOS e os GLEISSOLOS HÁPLICOS; os CAMBISSOLOS HÁPLICOS; os LATOSSOLOS VERMELHOS e os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS; os ARGISSOLOS VERMELHOS e os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; os NEOSSOLOS LITÓLICOS e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS; os NITOSSOLOS VERMELHOS; e os PLANOSSOLOS HÁPLICOS.

O extremo sudeste da AII, na Baixada Santista, apresenta GLEISSOLOS e ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS em estreita correlação com os sedimentos quaternários essencialmente marinhos, porém os CAMBISSOLOS HÁPLICOS são identificados na porção N-NW de Cubatão e em grande parte do município de Santos, porção continental, bem como na porção central da ilha, onde predominam rochas do Domínio Costeiro.

Desde a estaca 4+5.400m até a estaca 11+5.000m, região da Serra do Mar e do Planalto, predominam amplamente os CAMBISSOLOS HÁPLICOS, abrangendo desde a porção N-NW de Cubatão até o município de Embu, passando por São Bernardo do Campo, pela região sul de São Paulo, e por Embu-Guaçu e Itapecerica da Serra, terrenos de predomínio das rochas metamórficas dos complexos Embu e Pilar. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS estão representados, também, por duas pequenas porções que abrangem parte dos municipios de Caieiras, Franco da Rocha, Francisco Morato, Jundiaí, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista, que constituem região de ocorrência predominante de metassedimentos do Grupo São Roque e de gnaisses do Complexo Piracaia.

Ocorrências de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS são registradas em Cotia, Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e São Paulo, onde afloram as rochas metamórficas dos complexos Embu e Pilar, além dos granitóides da Fácies Cantareira, bem como em Jundiaí.

A norte e noroeste da estaca 11+5.000m, se estendendo pelo Planalto, predominam amplamente os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS. No Planalto, são identificadas as unidades de mapeamento típicas de relevo desde suave ondulado até forte ondulado e montanhoso, e uma das unidades tem correlação estreita com a ocorrência de afloramento do Granito Itupeva. Os demais tipos de solo estão relacionados aos litotipos metamórficos do Complexo Piracaia, bem como às rochas metassedimentares do Grupo São Roque, representado, grosso modo, a sul-sudeste do ribeirão Jundiuvira, aproximadamente desde a estaca 13+5.000m até a estaca 17km.

Os ARGISSOLOS dos tipos de relevo desde ondulado, passando por forte ondulado e montanhoso, até escarpado, são comuns na região de ocorrência do Granito Cantareira e da serra homônima e suas imediações, onde afloram os grupos Serra do Itaberaba, principalmente, e São Roque, bem como outros granitos neles intrusivos, como o Tico-Tico.

Na Depressão Periférica, ocorrem LATOSSOLOS VERMELHOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS em proporções semelhantes. Dentre os LATOSSOLOS, todos de relevo plano, suave ondulado ou ondulado, os VERMELHOS predominam sobre os VERMELHO-AMARELOS, ocorrendo principalmente sobre as rochas sedimentares do Grupo Tubarão, das formações Tatuí (Grupo Guatá), Irati e Corumbataí (Grupo Passa Dois) e das Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento), todas pertencentes à Bacia do Paraná, além das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Já os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, de relevo suave ondulado e ondulado, predominam sobre as litologias do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), das formações Tatuí (Grupo Guatá), Irati, Corumbataí (Grupo Passa Dois) e Pirambóia (Grupo São Bento), todas da Bacia do Paraná, bem como sobre as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas.

LATOSSOLOS VERMELHOS, principalmente, mas também os VERMELHO-AMARELOS, de relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado, intercalam-se com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS de relevo plano e suave ondulado, subordinadamente NEOSSOLOS LITÓLICOS de relevo suave ondulado até montanhoso, na região do Planalto Ocidental Paulista, sendo os NESSOLOS predominantes sobre as litologias areníticas das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento), enquanto que os LATOSSOLOS são mais expressivos sobre os basaltos tholeiíticos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), todas unidades pertencentes à Bacia do Paraná.

10.1.4.2.2 Classes de Solos

Espodossolos Ferrocárbicos

Os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS são solos constituídos por material mineral, com horizonte B espódico imediatamente abaixo de Horizonte E ou A, até 400 cm abaixo da superfície. São essencialmente arenosos, cuja fração areia é de composição quartzosa, pobres em nutrientes, com baixa capacidade de retenção de água, o que é minimizado pela localização litorânea. Na faixa AII/AID, ocorrem na Baixada Santista, especialmente em Guarujá e São Vicente.

Para a Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **ES1** São órticos, com horizonte A proeminente e moderado e textura arenosa, ocorrendo associados com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos distróficos, com horizonte A moderado. Ambos os solos são de relevo plano.

- **ES2** Associação complexa de ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS Órticos com horizonte A moderado, ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS Hidromórficos hísticos, ambos de textura arenosa, ORGANOSSOLOS Endotiomórficos, SOLOS DE MANGUE indiscriminados e GLEISSOLOS indiscriminados, todos de relevo de várzea.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-1** referente à Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-1: Terrenos onde ocorre a Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS associada aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada nos municípios de Guarujá e São Vicente.

Gleissolos

Por situar-se em áreas de várzea, os GLEISSOLOS apresentam sérias limitações pela presença do lençol freático a pequena profundidade, com aeração inadequada, resistência à difusão de gases do solo para a atmosfera e vice-versa, e consumo muito rápido de oxigênio pelos microorganismos e plantas presentes. Como consequência, observa-se a inibição do crescimento das raízes, diminuição da absorção de água – apesar do ambiente saturado, redução da fotossíntese, perda de nitrogênio mineralizado, e formação de compostos bivalentes tóxicos de Fe e Mn, em função do ambiente redutor.

Apresentam ausência de horizonte B, textura errática ao longo do perfil de solo, devido à sua formação em sedimentos aluviais, e eventuais variações texturais entre os horizontes, sendo anisotrópicos. São distróficos e bastante ácidos, necessitando aplicação de corretivos e fertilizantes.

São solos inadequados para a construção de aterros sanitários, e como local para recebimento de efluentes pela inexpressiva zona de aeração e facilidade de contaminação dos aquíferos.

Secundariamente, observam-se ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS associados, hidromórficos, de composição essencialmente arenosa quartzoza, desprovidos de nutrientes minerais, muito porosos e com elevada permeabilidade. A textura grosseira determina baixa capacidade de retenção de água, o que é relativamente compensado pelo regime hídrico da região, bastante úmido pela profundidade do lençol freático e influência das marés.

GLEISSOLOS HÁPLICOS (GX)

São os GLEISSOLOS mais comuns. De ocorrência muito restrita na faixa da AII/AID, são identificados unicamente associados aos depósitos aluviais presentes na bacia do rio Moji, na altura das estacas 38+3.000m a 40+4.100m, e às rochas do Subgrupo Itararé e Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas a nordeste do eixo da dutovia entre as estacas 60+3.400m e o terminal Paulínia, abrangendo os municípios de Cosmópolis e Paulínia.

Para a Subordem GLEISSOLOS HÁPLICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **GX5** HÁPLICOS e MELÂNICOS + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, com horizonte A moderado e proeminente, textura indiscriminada, bem a perfeitamente drenados, todos de relevo de várzea.

- **GX7** Distróficos + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos, textura média/argilosa + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos, ambos com horizonte A moderado, todos de relevo de várzea.

- **GX12** Grupamento indiscriminado de GLEISSOLOS HÁPLICOS e MELÂNICOS de relevo de várzea.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-2** referente à Subordem GLEISSOLOS HÁPLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-2: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS HÁPLICOS (GX), associados aos depósitos aluviais ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da dutovia. Situação comumente observada nas regiões de várzea associadas às diversas drenagens e cursos d'água maiores.

GLEISSOLOS SÁLICOS (GZ)

Os GLEISSOLOS SÁLICOS são característicos da zona litorânea costeira, estando presentes na planície de maré dos rios Moji, Casqueiro, Cascalho, Cubatão, Jurubatuba e Diana; e planície de maré de áreas adjacentes à ilha dos Bagres e foz do Canal de Bertioga, no Estuário Santista.

Podem ser sódicos, com saturação por sódio igual ou superior a 15% nos complexos de troca catiônica, o que aumenta sua limitação para o uso agrícola. Apresentam sérias limitações quanto à corrosividade para tubulações enterradas, quer sejam metálicas ou de cimento.

Para a Subordem GLEISSOLOS SÁLICOS é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **GZ2** Associação de GLEISSOLOS ÓRTICOS, GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS indiscriminados, e ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS Hidromórficos com horizonte A proeminente e moderado e textura arenosa. Todos de relevo plano.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-3** referente à Subordem GLEISSOLOS SÁLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-3: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS SÁLICOS (GZ), associados aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada nos municípios de Guarujá, Santos e Cubatão.

Cambissolos Háplicos

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS se desenvolvem tanto em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, condição em que apresentam elevada erodibilidade, quanto em terrenos planos de planícies aluviais. Eventualmente, ocorrem associados com afloramentos de rochas e solos rasos representados por NEOSSOLOS LITÓLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

Na faixa da AII/AID, ocorrem em parte do município de Santos, em Guarujá, junto ao Canal de Bertioga, e nos Morros e Morrotes isolados presentes nos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão. Também na porção N-NW de Cubatão, coincidente com a vertente da Serra do Mar, em São Bernardo do Campo, na região sul de São Paulo, e em Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra e Embu, bem como em parte dos municípios de Caieiras, Franco da Rocha, Francisco Morato, Jundiaí, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista.

São solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte A ou hístico de espessura inferior a 40 cm seguido de horizonte B incipiente, textura argilosa em nível categórico mais baixo. São distróficos e possuem horizonte Cr constituído por solo residual jovem e rocha muito alterada, de natureza branda, com espessuras inferiores a 1,5 m. São ácidos e muito pobres em nutrientes, e apresentam elevados teores de Al^{3+} trocável, sendo de difícil correção para a agricultura, dadas as condições topográficas das ocorrências.

NEOSSOLOS LITÓLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS também são encontrados associados aos CAMBISSOLOS. São distróficos, de textura argilosa ou arenosa, e possuem horizontes A e C moderados a proeminentes. Também são ácidos, pobres em nutrientes, apresentam elevados teores de Al^{3+} e Fe^{3+}, sendo muito difícil sua correção e utilização para a agricultura.

Para a Subordem CAMBISSOLOS HÁPLICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **CX1** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo forte ondulado.
- **CX11** Distróficos, de textura argilosa a média, com fase não rochosa e rochosa, de relevo montanhoso e escarpado, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, de textura argilosa, de relevo montanhoso e forte ondulado. Ambos os solos apresentam horizonte A moderado e proeminente.

- **CX27** Grupamento indiscriminado de CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos bem a perfeitamente drenados, de relevo plano e relevo de várzea + PLANOSSOLOS HÁPLICOS Distróficos Ta, de relevo de várzea, ambos com horizonte A moderado + GLEISSOLOS HÁPLICOS de relevo de várzea + ARGISSOLOS VERMELHOS, textura argilosa com ou sem cascalhos, de relevo suave ondulado e ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-4** referente à Subordem CAMBISSOLOS HÁPLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-4: Exposição de CAMBISSOLOS HÁPLICOS. Esta Subordem de solo pode associar-se aos morros e morrotes isolados da Planície Costeira, com a vertente da Serra do Mar e com terrenos do Planalto distribuídos na Região Metropolitana da Grande São Paulo (foto acima), desde São Bernardo do Campo até Francisco Morato, e pode se estender até os arredores de Jundiaí.

Latossolos

Os LATOSSOLOS são o agrupamento de solos mais extenso do Estado de São Paulo, ocupando cerca de 52% da sua área. Em geral, têm boas propriedades físicas e situam-se em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas, à exceção das regiões serranas. Apresentam excepcional porosidade total e elevada friabilidade, sendo facilmente preparados para o cultivo. O relevo é pouco movimentado, com declives inferiores a 5%. Entretanto, possuem baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e toxicidade por Al^{3+} nos solos álicos.

Apresentam boa drenagem interna, mesmo os de textura argilosa. São constituídos por material mineral, e apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, a 200 cm ou 300 cm da superfície do solo.

Na faixa da AII/AID são reconhecidos os LATOSSOLOS VERMELHOS e os LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS. As principais áreas de suas ocorrências são descritas de forma suscinta, a seguir.

LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)

São reconhecidos na faixa da AII/AID da futura dutovia apenas a partir da estaca 21+6.700m do traçado norte-sul do empreendimento, em terrenos associados à Depressão Periférica e ao Planalto Ocidental Paulista. Ocorrem na região de Campinas, Paulínia, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste e Rio das Pedras, em geral expostos nos terrenos ao sul do rio Atibaia e do terminal Santa Bárbara.

Outras unidades mapeadas dos LATOSSOLOS VERMELHOS (LV) na Depressão Periférica distribuem-se entre os municípios de Limeira/Iracemápolis, de Cordeirópolis/Santa Gertrudes e de Rio Claro/Araras.

Mais ao norte do traçado da dutovia passam a ser a Ordem de Solo predominante ocupando os terrenos do Planalto Ocidental Paulista, a partir da altura da estaca 35km, sendo reconhecidos através dos municípios de Santa Cruz da Conceição, Pirassununga, Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana.

Para a Subordem de Solo LATOSSOLOS VERMELHOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **LV1** Eutroférricos e Distroférricos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo plano e suave ondulado.

- **LV3** Eutroférricos e Distroférricos, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura média, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

- **LV4** Eutroférricos e Distroférricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ambos com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo suave ondulado.

- **LV5** Eutroférricos e Distroférricos, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura média, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

- **LV9** Eutroférricos e Distroférricos, de relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, de relevo ondulado, todos com horizonte A moderado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo ondulado, todos de textura argilosa.

- **LV21** Distroférricos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS com horizonte A moderado A proeminente e A chernozêmico, de relevo ondulado e forte ondulado, todos de textura argilosa.

- **LV22** Distroférricos, textura argilosa e Distróficos, textura média + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura média, todos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

- **LV23** Distroférricos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo forte ondulado, ambos de textura argilosa + NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos distróficos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

- **LV24** Distroférricos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo forte ondulado, ambos de textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos com horizonte A moderado, textura média, de relevo suave ondulado.

- **LV28** Distroférricos e Eutroférricos, com horizonte A moderado e A proeminente + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, com horizonte A moderado, todos de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos e Distróficos, com horizonte A chernozêmico e A moderado, de relevo ondulado, todos de textura argilosa.

- **LV29** Distroférricos e Eutroférricos, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, de relevo ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo forte ondulado.

- **LV32** Distroférricos e Acriférricos, de relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos, ambos com horizonte A moderado, de relevo ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e Eutróficos com horizonte A moderado, A proeminente e A chernozêmico, de relevo forte ondulado, todos de textura argilosa.

- **LV37** Acriférricos, Distroférricos e Eutroférricos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e Eutróficos, com horizonte A moderado, A proeminente e A chernozêmico, de relevo ondulado, todos de textura argilosa.

- **LV38** Acriférricos, Distroférricos e Eutroférricos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e Eutróficos com horizonte A moderado, A proeminente e A chernozêmico, de relevo ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos, com horizonte A moderado, todos de textura argilosa.

- **LV53** Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos, ambos com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo suave ondulado.

- **LV58** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, com horizonte A húmico, textura média e argilosa, ambos de relevo suave ondulado e plano.

- **LV69** Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos e Eutroférricos, todos de textura argilosa e relevo suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura média e argilosa, de relevo suave ondulado e plano, todos com horizonte A moderado.

- **LV70** Distroférricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos e Eutroférricos, todos de textura argilosa e relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, textura argilosa, de relevo suave ondulado e ondulado, todos com horizonte A moderado.

- **LV72** Distroférricos com horizonte A moderado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos, com horizonte A moderado e A húmico, ambos de textura argilosa + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, com horizonte A moderado, textura média, todos de relevo suave ondulado.

- **LV79** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e Eutróficos, com horizonte A moderado A proeminente e a chernozêmico, textura argilosa, de relevo forte ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo suave ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-5** referente à Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-5: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS (LV). Essa Subordem pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares e aquelas associadas ao magamtismo e vulcanismo da Bacia do Paraná.

LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA)

Ocorrem no Planalto, na Região Metropolitana da Grande São Paulo, sendo identificados no bairro de Engenheiro Marsilac, na zona sul da cidade de São Paulo, e nos municípios de Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra, Itapecerica da Serra, Cotia e Vargem Grande Paulista. Também são reconhecidos nos arredores de Jundiaí.

Na Depressão Periférica ocorrem na região de Campinas, Americana, Paulínia, Santa Bárbara d'Oeste e Rio das Pedras, como pequenas manchas isoladas entre Saltinho e Piracicaba, bem como por grandes extensões na região de Anhembi, envolvendo grande parte do Reservatório de Barra Bonita.

No traçado norte-sul da dutovia, a norte do terminal Santa Bárbara, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA) são identificados como manchas menores nos arredores de Araras e como ocorrências maiores na AII/AID na região de Pirassununga e Descalvado.

Para a Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **LVA2** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado.
- **LVA4** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média, de relevo suave ondulado.
- **LVA5** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média, de relevo plano e suave ondulado.
- **LVA9** Distróficos, com horizonte A moderado e A proeminente, textura média, de relevo suave ondulado.
- **LVA12** Distróficos, textura média + NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos distróficos, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.
- **LVA 17** Distróficos, de relevo ondulado, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS de relevo ondulado e forte ondulado, ambos com horizonte A moderado e textura argilosa.

- **LVA36** Distróficos, de relevo suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, de relevo plano e suave ondulado, ambos com horizonte A moderado e textura média.

- **LVA41** Distróficos câmbicos pouco profundos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo forte ondulado, associados a grupo indiscriminado de GLEISSOLOS Distróficos, com textura argilosa, de relevo de várzea.

- **LVA52** Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos ambos de textura média e relevo suave ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura arenosa/média e média, de relevo suave ondulado e ondulado, todos com horizonte A moderado.

- **LVA56** Distróficos pouco profundos associados com LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, ambos de textura argilosa, relevo forte ondulado. Também associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS TB e CAMBISSOLOS HÁPLICOS LATOSSÓLICOS, ambos de textura argilosa e argilosa com cascalhos, de relevo montanhoso. Todos são Distróficos, com horizonte A moderado.

- **LVA57** Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos e Distroférricos + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, todos com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo suave ondulado.

- **LVA61** Grupamento indiferenciado de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS intermediários com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos, ambos Distróficos, com horizonte A moderado, textura média, de relevo suave ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-6** referente à Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-6: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA). Essa Subordem de Solo pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

Argissolos

Depois dos LATOSSOLOS, os ARGISSOLOS constituem a classe de maior expressão espacial no Estado de São Paulo, abrangendo cerca de 29% de sua área. São, na sua maioria, solos muito profundos.

Na zona serrana, é comum a presença de ARGISSOLOS fase pedregosa e rochosa e aqueles associados a afloramentos rochosos. Tais solos ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso, o que os torna inadequados ao uso agrícola e mesmo silvo-pastoril.

Em geral, os ARGISSOLOS apresentam textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade de argila, sendo facilmente preparados para o plantio. São solos com horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Caracteristicamente, apresentam acréscimo de argila em profundidade e capacidade de troca de cátions inferior a 27 cmol/kg.

Apresentam resistência à erosão baixa ou muito baixa, dada pela mudança textural abrupta. É comum possuírem uma zona de má aeração durante o período chuvoso entre a base do horizonte E e o topo do horizonte Bt, que redunda em baixa condutividade hidráulica nesse intervalo, especialmente em terrenos pouco declivosos.

Declives superiores a 8% limitam o uso dos ARGISSOLOS como aterros sanitários.

ARGISSOLOS VERMELHOS (PV)

Nos solos de textura argilosa, a cor vermelha está relacionada à origem a partir de rochas básicas ou ricas em minerais ferromagnesianos, o que redunda em teores mais elevados de cátions trocáveis e de micronutrientes relativamente aos solos menos vermelhos. Esses teores de bases trocáveis mantêm-se relativamente elevados ao longo do perfil, proporcionando aos ARGISSOLOS VERMELHOS notável reserva de nutrientes.

Por possuírem maior porcentagem de óxidos de ferro do que os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, apresentam capacidade de fixação de fósforo ligeiramente superior a estes.

São reconhecidos apenas nos terrenos da Depressão Periférica como uma pequena ocorrência no traçado leste-oeste da dutovia, na região entre Rio das Pedras e Saltinho, em grande parte associados às Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento) e às rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois).

Para a Subordem ARGISSOLOS VERMELHOS é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **PV10** Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHOS de textura argilosa e argilosa com ou sem cascalho, de relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico Distróficos, com horizonte A moderado + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS abrúpticos, com horizonte A moderado, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, todos de relevo ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-7** referente à Subordem ARGISSOLOS VERMELHOS (PV) reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-7: Exposição da Subordem ARGISSOLOS VERMELHOS (LV) associada às Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento) e às rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois), conformando colinas de topos tabulares e morros baixos de topos convexos da Depressão Periférica.

ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA)

Predominam amplamente em relação aos ARGISSOLOS VERMELHOS, apresentando uma mudança para a cor vermelho-amarelada.

São reconhecidos no Planalto nas porções oeste-noroeste e norte da Região Metropolitana da Grande São Paulo, e por uma grande extensão desde os terrenos dos municípios de Cajamar/Campo Limpo Paulista até os arredores da cidade de Campinas, adentrando na Depressão Periférica.

Ainda no traçado norte-sul da dutovia, os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS ocorrem nos municípios de Hortolândia, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Limeira/Iracemápolis, e tem continuidade através das áreas municipais de Santa Gertrudes, Araras/Rio Claro, Leme/Corumbataí, Santa Cruz da Conceição e Pirassununga.

No traçado leste-oeste da dutovia, essa Subordem de Solo pode ser identificada no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA ET AL., 1999), através dos municípios de Cosmópolis, Limeira, Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, a partir de onde passa a ser a classe de solo dominante, passando por Saltinho, Piracicaba, Anhembi e Botucatu. Os terminais de Anhembi e de Botucatu deverão ser implantados sobre os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

Para a Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **PVA13** Distróficos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, de relevo ondulado.
- **PVA16** Distróficos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, argilosa e média/argilosa, de relevo suave ondulado.
- **PVA17** Distróficos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média e média/argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado.
- **PVA18** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado.

- **PVA19** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, de relevo forte ondulado.

- **PVA20** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa, de relevo ondulado e suave ondulado.

- **PVA22** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase rochosa, de relevo forte ondulado e montanhoso.

- **PVA27** Distróficos abrúpticos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, de relevo ondulado.

- **PVA30** Distróficos arênicos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, profundos e pouco profundos, de relevo suave ondulado e ondulado.

- **PVA31** Distróficos abrúpticos ou não, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, de relevo ondulado.

- **PVA32** Distróficos, abrúpticos ou não, com horizonte A moderado, textura argilosa e média/argilosa, de relevo ondulado.

- **PVA36** Distróficos, com horizonte A moderado, de textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase pedregosa e rochosa, de relevo forte ondulado associados a AFLORAMENTOS DE ROCHAS.

- **PVA37** Distróficos, de textura argilosa, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS também distróficos de textura argilosa. Ambos possuem horizonte A moderado, e ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado.

- **PVA38** Distróficos, textura arenosa/média + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos de textura média. Ambos com horizonte A moderado, de relevo ondulado.

- **PVA39** Distróficos + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos. Ambos com horizonte A proeminente, textura média, de relevo suave ondulado e ondulado.

- **PVA41** Distróficos, com textura argilosa, de relevo forte ondulado associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, de textura argilosa e média, de relevo forte ondulado e montanhoso. Ambos com horizonte A moderado.

- **PVA42** Distróficos de textura argilosa, de relevo forte ondulado e montanhoso, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, de textura argilosa, de relevo montanhoso e escarpado. Ambos os solos têm horizonte A moderado.

- **PVA45** Distróficos, textura argilosa e média/argilosa, de relevo forte ondulado e montanhoso + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, textura argilosa, de relevo montanhoso, ambos com horizonte A moderado.

- **PVA52** Distróficos, de textura média/argilosa, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, de textura argilosa. Ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado e ondulado.

- **PVA53** Distróficos, de textura arenosa/média, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos de textura média. Ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

- **PVA58** Distróficos, textura média + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos abrúpticos, textura arenosa/média e média. Ambos com horizonte A moderado e A proeminente, de relevo ondulado.

- **PVA59** Distróficos abrúpticos, textura média/argilosa + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura argilosa e média/argilosa. Ambos com horizonte A moderado, de relevo ondulado.

- **PVA62** Distróficos abrúpticos, textura arenosa/média, de relevo ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura arenosa/média e média, de relevo suave ondulado e ondulado. Ambos com horizonte A moderado.

- **PVA69** Distróficos abrúpticos ou não, textura arenosa/média, de relevo ondulado e forte ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos, textura média, de relevo forte ondulado, ambos com horizonte A moderado.

- **PVA76** Distróficos abrúpticos ou não, arênicos ou não, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, de relevo suave ondulado e ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A proeminente, textura indiscriminada, de relevo ondulado.

- **PVA96** Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS arênicos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, ambos de relevo ondulado + NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos distróficos, com horizonte A moderado, relevo suave ondulado.

- **PVA100** Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Arênicos ou não, pouco profundos ou não + ALISSOLOS CRÔMICOS Argilúvicos, ambos abrúpticos, textura arenosa/argilosa média/argilosa e arenosa/média, todos com horizonte A moderado, de relevo ondulado.

- **PVA102** Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Abrúpticos, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, de relevo suave ondulado e ondulado + LUVISSOLOS CRÔMICOS Pálicos planossólicos, textura média/argilosa, de relevo ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, textura argilosa, de relevo ondulado e suave ondulado, todos com horizonte A moderado.

- **PVA103** Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Abrúpticos ou não, textura arenosa/argilosa e média/argilosa + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura média e arenosa/média, todos de relevo ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos, textura argilosa, de relevo suave ondulado, todos com horizonte A moderado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-8** referente à Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA) reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-8: Exposição em taludes laterais ao caminho de terra Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA). Apresenta grande distribuição ao longo dos traçados norte-sul e leste–oeste da dutovia. São reconhecidos em terrenos da Região Metropolitana da Grande São Paulo, por grandes extensões entre Jundiaí e Campinas, entre Santa Bárbara d'Oeste e Limeira, por grandes extensões dos municípios de Saltinho e Piracicaba, e o ocorrem nos locais dos futuros terminais Anhembi e Botucatu.

Neossolos

Os NEOSSOLOS são constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 cm de espessura e não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Os NEOSSOLOS ocorrentes na AII da futura dutovia podem ser reconhecidos em duas Subordens de Solos: os NEOSSOLOS LITÓLICOS e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.

NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL)

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS têm horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura diretamente assente sobre rocha, horizonte C ou Cr ou, ainda, material com 90% em volume constituído por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), e que apresentam caráter litóide nos 50 cm superiores do solo. Podem ter horizonte B em início de formação, com espessura que não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, condições que limitam seu uso com agricultura. São desqualificados, também, como locais para aterros sanitários e como áreas para recebimento de grandes cargas de efluentes devido ao perigo de contaminação de aquíferos.

Na maior parte das vezes, ocorrem em relevo forte ondulado ou montanhoso, o que lhes confere alta suscetibilidade à erosão e sérias limitações à trafegabilidade.

São solos bem providos de nutrientes, especialmente aqueles derivados dos sedimentos do Grupo Passa Dois e de rochas básicas (basalto e diabásio) do Grupo São Bento.

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS são reconhecidos ao longo do traçado leste-oeste da dutovia, em parte dos terrenos da Depressão Periférica dispostos entre os municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Rio das Pedras, e outras ocorrências menores em terras de Piracicaba.

No traçado norte-sul do futuro empreendimento, são verificados pequenas manchas desta Subordem de Solos nas regiões limítrofes dos municípios de Araras e Rio Claro, e de Santa Cruz da

Conceição, Corumbataí e Analândia, ambas situadas na Depressão Periférica. Outra ocorrência situa-se no extremo sul do município de Descalvado, já no Planalto Residual de São Carlos.

Para a Subordem NEOSSOLOS LITÓLICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **RL5** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo forte ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos latossólicos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado, todos de textura argilosa.

- **RL6** Eutróficos, de relevo forte ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ambos de relevo suave ondulado, todos de textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, textura média, de relevo suave ondulado, todos com horizonte A moderado.

- **RL14** Associação de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos Tb, textura média + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos, textura média e argilosa, ambos com horizonte A moderado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS, todos de relevo montanhoso.

- **RL15** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico distróficos, com horizonte A moderado, todos de relevo ondulado.

- **RL16** Eutróficos com horizonte A moderado e A chernozêmico, textura argilosa e Distróficos com horizonte A moderado, textura indiscriminada, de relevo escarpado.

- **RL21** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico distróficos A moderado + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Arênicos ou não, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, profundos e pouco profundos, todos de relevo ondulado.

- **RL22** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico distróficos A moderado, todos de textura média + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Arênicos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média, pouco profundos e profundos.

- **RL23** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico distróficos A moderado, todos de textura média + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS arênicos com horizonte A moderado, textura arenosa/média, pouco profundos, todos de relevo ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-9** referente à Subordem NEOSSOLOS LITÓLITOS (RL) reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-9: Exposição típica da Subordem NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL), presentes na AII na forma de manchas de pequena expressão ao longo dos traçados norte-sul (entre Araras e Descalvado) e leste–oeste (entre Santa Bárbara d'Oeste e Piracicaba) da dutovia.

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ)

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA ET AL., 1999), podem ser identificados no traçado norte-sul da futura dutovia, com ocorrências cada vez maiores para norte. As primeiras – de menor porte – estão presentes em terras dos municípios de Leme, Corumbataí e Santa Cruz da Conceição, enquanto que outra ocorre delimitada no município de Descalvado, e a maior delas abrange parte das terras de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão e se estende até a porção sul de Cravinhos.

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS associam-se, sobretudo, aos arenitos da denominada Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento, que englobam as formações Pirambóia e Botucatu, e que conformam os relevos do Planalto Residual de São Carlos e do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto.

Para a Subordem NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **RQ1** Órticos distróficos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado e plano.
- **RQ2** Órticos + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura média, ambos distróficos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.
- **RQ8** Órticos distróficos, com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado e plano + GLEISSOLOS MELÂNICOS e GLEISSOLOS HÁPLICOS + ORGANOSSOLOS, todos de relevo de várzea + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura média, de relevo plano.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-10** referente à Subordem NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ) reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



FOTO 10.1.4.2.2-10: Exposição típica da Subordem NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ), presentes na AII ao longo do traçado norte-sul da dutovia, com as principais ocorrências delimitadas em Descalvado e por extensões consideráveis de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Cravinhos.

Nitossolos

Os NITOSSOLOS são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B. Apresentam estrutura em blocos ou prismática bem desenvolvidas no horizonte B. Suas principais limitações dizem respeito à erodibilidade relativamente alta.

Os NITOSSOLOS apresentam discreto aumento de argila em profundidade e boa drenagem interna, além de expressiva capacidade de adsorção de ferro. Possuem, ainda, espessa zona de aeração, o que os qualifica como adequados para aterros sanitários e outras formas de deposição de resíduos em regiões de declive inferior a 10%. Entretanto, como têm bom potencial agrícola, é preferível usá-los para esse fim.

NITOSSOLOS VERMELHOS (NV)

Os NITOSSOLOS VERMELHOS possuem maior capacidade de troca de cátions do que os típicos. Consequentemente, apresentam potencial nutricional ainda maior. Entretanto, é necessário levar em conta sua elevada plasticidade e pegajosidade e suas implicações para o tráfego e a facilidade de preparo do solo para plantio nos períodos chuvosos.

A Subordem ocorre de forma muito restrita, estando delimitada apenas no extremo sudoeste da faixa da AII no traçado leste-oeste da dutovia, um tanto distante do terminal de Botucatu.

Para a Subordem NITOSSOLOS VERMELHOS é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **NV3** Eutróficos, com horizonte A moderado e A chernozêmico, de relevo ondulado e forte ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, com horizonte A moderado, de relevo forte ondulado, ambos de textura argilosa.

Planossolos

Os PLANOSSOLOS são solos situados em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes, requerendo atenção quanto à erodibilidade no segundo caso, pois a grande diferença textural entre o horizonte A ou E e o horizonte B que os caracteriza torna-os bastante sujeitos à erosão hídrica.

Apresentam permeabilidade reduzida no horizonte Bt, o que induz a más condições de aeração na base do horizonte E, e topo do horizonte Bt nos períodos mais chuvosos, podendo causar limitações no desenvolvimento radicular devido às más condições de oxigenação e problemas fitossanitários, como a gomose.

Os PLANOSSOLOS apresentam severas limitações para obras de engenharia sanitária, como aterros sanitários e fossas sépticas, especialmente aqueles situados nas planícies aluvionares onde o lençol freático está mais próximo da superfície. Possuem baixo potencial depurador, fator que diminui a eficácia da ação bacteriana aeróbica. Os solos com argila de atividade alta também são pouco adequados para pisos de estradas e cobertura de aterros sanitários.

PLANOSSOLOS HÁPLICOS (SX)

Ao longo dos traçados da faixa da AII/AID os PLANOSSOLOS ocorrem representados através da Sub-ordem PLANOSSOLOS HÁPLICOS (SX), sendo reconhecidos associados à Depressão Periférica e às rochas sedimentares da Bacia do Paraná, sobretudo relacionados aos litotipos mais finos (argilitos e siltitos) das formações Teresina, Serra Alta e Irati (Grupo Passa Dois), e Tatuí (Grupo Guatá), como manchas de ocorrência bastante restrita nos municípios de Saltinho e de Rio das Pedras.

Para a Subordem PLANOSSOLOS HÁPLICOS (SX) é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **SX3** Grupamento indiscriminado de PLANOSSOLOS HÁPLICOS Ta com horizonte A moderado e de GLEISSOLOS HÁPLICOS e GLEISSOLOS MELÂNICOS.

10.1.4.2.3. Conclusões sobre a Pedologia da AII

Encontrados na Planície Litorânea, os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS e os GLEISSOLOS apresentam baixa capacidade de retenção de água, em geral minimizada pela localização litorânea e influência das marés e pouca profundidade do lençol freático. São solos inadequados para a construção de aterros sanitários e como local para recebimento de efluentes, pela inexpressiva zona de aeração e facilidade de contaminação dos aquíferos. Os GLEISSOLOS SÁLICOS ocorrem na planície de maré dos rios da Baixada Santista e em áreas adjacentes à ilha dos Bagres e foz do Canal de Bertioga, sendo que os mesmos apresentam limitação para o uso agrícola, além de sérias limitações quanto à corrosividade para tubulações enterradas, quer sejam metálicas ou de cimento.

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS se desenvolvem tanto em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, condição em que apresentam elevada erodibilidade, quanto em terrenos planos de planícies aluviais. São identificados na Baixada Santista nos morros e morrotes isolados e na vertente da Serra do Mar, na região metropolitana da cidade de São Paulo e se estendem até os municípios de Jundiaí, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista. São muito pobres em nutrientes e dadas as condições topográficas das ocorrências, de difícil correção para a agricultura.

Os LATOSSOLOS situam-se em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas, apresentam excepcional porosidade total e elevada friabilidade, e facilidades no preparo para o cultivo. Os LATOSSOLOS VERMELHOS ocupam extensões consideráveis na Depressão Periférica, enquanto que os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS ocorrem no Planalto, na Região Metropolitana da Grande São Paulo, e também são identificados na Depressão Periférica.

Os ARGISSOLOS compreendem, na sua maioria, solos muito profundos, contudo na zona serrana é comum a presença de fase pedregosa e rochosa e aqueles associados a afloramentos rochosos. Ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso, o que os torna inadequados ao uso agrícola e mesmo silvo-pastoril., apresentando resistência à erosão baixa ou muito baixa, e declives superiores a 8% limitam o seu uso como aterros sanitários. Nos ARGISSOLOS VERMELHOS de textura argilosa, a cor vermelha relaciona-se à origem a partir de rochas básicas ou ricas em minerais ferromagnesianos, o que redunda em teores mais elevados de cátions trocáveis e de micronutrientes relativamente aos solos menos vermelhos. Esses teores de bases trocáveis mantêm-se relativamente elevados ao longo do perfil, proporcionando aos ARGISSOLOS VERMELHOS notável reserva de nutrientes. Contudo, são de ocorrência restrita na AII. Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS são reconhecidos no Planalto em porções da Região Metropolitana da Grande São Paulo, novamente entre os municípios de Cajamar/Campo Limpo Paulista até os arredores da cidade de Campinas, e também adentram a Depressão Periférica ocupando grandes extensões. Os terminais de Anhembi e de Botucatu deverão ser implantados sobre os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

Os NEOSSOLOS são constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 cm de espessura e não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS podem ter horizonte B em início de formação, condições que limitam seu uso com agricultura. São desconsiderados como locais para aterros sanitários e como áreas para recebimento de grandes cargas de efluentes devido ao perigo de contaminação de aquíferos. Na maior parte das vezes, ocorrem em relevo forte ondulado ou montanhoso, o que lhes confere alta suscetibilidade à erosão e sérias limitações à trafegabilidade. Já os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS associam-se, sobretudo, aos arenitos da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento, que englobam as formações Pirambóia e Botucatu, e que conformam os relevos do Planalto Residual de São Carlos e do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto.

Os NITOSSOLOS têm bom potencial agrícola. Possuem, ainda, espessa zona de aeração, o que os qualifica como adequados para aterros sanitários e outras formas de deposição de resíduos em regiões de declive inferior a 10%. Apresentam erodibilidade relativamente alta. Os NITOSSOLOS VERMELHOS têm potencial nutricional ainda maior, contudo apresentam elevada plasticidade e pegajosidade, trazendo implicações para o tráfego e facilidade no preparo do solo para o plantio nos períodos chuvosos.

Os PLANOSSOLOS situam-se em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes, requerendo atenção quanto à erodibilidade no segundo caso, que os torna bastante sujeitos à erosão hídrica. Exibem severas limitações para obras de engenharia sanitária, como aterros sanitários e fossas sépticas, especialmente aqueles situados nas planícies aluviais onde o lençol freático está mais próximo da superfície. Seus solos argilosos também são pouco adequados para pisos de estradas e cobertura de aterros sanitários.

Os PLANOSSOLOS HÁPLICOS podem ocorrer associados às planícies instaladas na Depressão Periférica sobretudo relacionados aos litotipos mais finos (argilitos e siltitos) das formações Teresina, Serra Alta e Irati (Grupo Passa Dois), e Tatuí (Grupo Guatá). Na AII, constituem manchas de ocorrência bastante restrita.

O tema Pedologia foi tratado de forma regional (AII), com base em dados secundários, sem detalhamento para as áreas de estudo AID/ADA. A obtenção de dados primários referentes à geologia, geomorfologia e geotecnia serão suficientes para o diagnóstico das características do solo necessárias para avaliar os impactos da implantação do emprendimento proposto.

10.1.5 GEOTECNIA

10.1.5.1 MÉTODOS DE TRABALHO

A descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII) e da Área de Influência Direta (AID) compreendida pelo empreendimento, a seguir apresentada, é baseada na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo DCET/IPT (NAKAZAWA ET AL., 1994). Seus traçados recortam terrenos pertencentes às folhas geotécnicas São Paulo, Iguape, Ribeirão Preto e Bauru.

A AII abrange grande parte da folha São Paulo, onde se desenvolvem as porções sul e central do traçado norte-sul da dutovia, assim como grande parte do traçado leste-oeste da dutovia – desde Paulínia até os arredores da Represa de Barra Bonita – além de parte da folha Iguape na extremidade sul do traçado norte-sul; da folha Ribeirão Preto na porção norte do traçado norte-sul, e da folha Bauru que ocupa a extremidade oeste do traçado leste-oeste da dutovia. Também foram compilados os respectivos Quadro-legendas contendo os processos do meio físico mais importantes.

Buscou-se na etapa de compilação das folhas São Paulo, Iguape, Ribeirão Preto e Bauru – e dos processos do meio físico importantes no comportamento geotécnico dos terrenos – agrupar áreas com atributos e características geotécnicas similares apresentadas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA ET AL., 1994).

Sendo assim, os atributos geotécnicos de interesse foram uniformizados e agrupados em áreas contíguas ou não, considerando tratar-se de uma obra linear e que envolve, em grande parte, escavações superficiais do terreno a ser impactado pela futura dutovia, além de outros trechos subordinados onde ocorrerão escavações em túneis e travessias de canais ou drenagens.

Desta forma, o Mapa Geotécnico da AII apresentado em escala 1:250.000 (vide **Anexo 17. IV-4**) considera áreas contíguas ou não, desde que contenha um processo típico do meio físico predominante e com o mesmo grau de importância. Destacam-se, como exemplo, áreas onde predomina o movimento de massa, áreas onde predomina a erosão, áreas onde predominam solos moles adensáveis ou sob influência de marés, áreas onde ocorram solos colapsíveis ou passíveis de empastilhamento, áreas de várzea associadas às maiores drenagens.

Para a Geotecnia da AID, conjuntamente com o processo do meio físico mais importante, também merece destaque o processo secundário associado. Desta forma, as áreas contíguas abordadas no Mapa Geotécnico da AII – onde determinado processo do meio físico mais importante mereceu atenção – serão apresentadas detalhadas e subdivididas, e destacados no Mapa Geotécnico da AID, em escala 1:50.000 (vide **Anexo 17. IV-7**), tanto os processos mais importantes quanto também os processos secundários, caso esses ocorram.

A avaliação da Geotecnia da ADA tem como base as investigações de sub-superfície – sondagens à percussão SPT e sondagens ambientais executadas nos estudos de passivos ambientais – e levantamentos de campo do meio físico realizados *in loco* para cada um dos terminais previstos, quais sejam: terminal Guarujá, terminal RMSP (Caieiras), terminal Paulínia, terminal Santa Bárbara, terminal Anhembi e terminal Serrana.

10.1.5.2 Área de Influência Indireta (AII)

10.1.5.2.1 Introdução

Assim como os demais temas do meio físico, para a AII da Geotecnia foi, de início, considerado como limite as próprias extensões das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Ugrhi).

De modo geral, segundo o traçado norte-sul, do litoral até o limite da Serra do Mar com o Planalto, a AII estaria inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Baixada Santista (Ugrhi-07), onde predominam os processos do meio físico associados aos sedimentos quaternários recentes da Baixada Santista, e os processos de movimentos de massa reconhecidos na Escarpa/Serra do Mar e nos Morros Litorâneos.

Nos terrenos do Planalto, desde a Região Metropolitana de São Paulo, passando pelos arredores de Jundiaí até atingir as proximidades da cidade de Campinas, a futura dutovia atravessaria terrenos da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (Ugrhi-06) e da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05), onde ocorrem intercalados os terrenos com predomínio de movimentos de massa e aqueles onde se instalaram preferencialmente os processos erosivos.

Na continuidade setentrional do traçado norte-sul do empreendimento, de Campinas até a região de Serrana, e nos terrenos recortados pelo segmento leste-oeste da dutovia entre os municípios de Paulínia (a leste) e Botucatu (a oeste) são reconhecidas, além da Ugrhi Piracicaba/Capivari/Jundaí (Ugrhi-05), parte das Ugrhis Tietê-Sorocaba (Ugrhi-10), Mogi-Guaçu (Ugrhi-09) e Pardo (Ugrhi-04).

No trecho parcial do traçado norte-sul da futura dutovia entre as cidades do Guarujá e de Jundiaí – envolvendo a Baixada Santista, a Região Metropolitana da Grande São Paulo e até os arredores de Jundiaí – são reconhecidos diversos barramentos de corpos d'água no Planalto e outros sob influência de maré na Baixada. Nesse trecho, para a faixa da AII, foi considerado adequado englobar os diversos corpos d'água represados e, eventualmente, até suas cabeceiras e aqueles sob influência de maré, na tentativa de contextualizar as eventuais interferências da futura obra com áreas maiores. Assim, a faixa de estudo da AII apresentada é variável e pode aproximar-se de vinte quilômetros ou mesmo exceder um pouco, mas mantém-se inferior aos limites territoriais das unidades Baixada Santista (Ugrhi-07), Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05).

Na continuidade do traçado norte-sul da futura dutovia, imediatamente a norte de Jundiaí até a região de Serrana, e no segmento leste-oeste entre Paulínia e Botucatu, por se tratar de uma obra linear e com uma faixa de intervenção bastante restrita, visando o diagnóstico da AII optou-se por dar enfoque a uma faixa de 10 km, considerados 05 km para cada lado a partir do eixo projetado da dutovia.

Do ponto de vista geotécnico, os principais processos do meio físico associados aos terrenos onde se assentam as rochas da Bacia do Paraná imediatamente a norte de Campinas e as exposições associadas às rochas gnáissicas do Complexo Piracaia entre Jundiaí e Campinas, bem como os solos evoluídos a partir da alteração das mesmas, são bem definidos. Ora predominam terrenos suscetíveis aos processos erosivos, ora aos processos de colapso e de expansão/contração dos solos, ou extensões consideráveis onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade, além daquelas áreas restritas associadas às drenagens principais.

10.1.5.2.2 Unidades Geotécnicas

As áreas contíguas ou não e que apresentam processos mais importantes e semelhantes do meio físico – e de interesse ao empreendimento – foram denominadas Unidades Geotécnicas. Ocorrem individualizadas e separadas em quatro grandes terrenos, quais sejam:

- Baixada Santista – representada pelos sedimentos quaternários marinhos e mistos, e continentais;
- Serra do Mar – do topo da escarpa até o limite com os terrenos baixos da baia de Santos e arredores, incluindo os morros isolados presentes na baixada litorânea;
- Planalto – desde o topo da escarpa da Serra até os arredores da cidade de Campinas; e
- Bacia do Paraná – desde o Município de Campinas até o Município de Serrana, no trecho norte-sul, bem como ao longo do segmento leste-oeste do traçado, entre os municípios de Paulínia e Botucatu.

Baixada Santista

Corresponde à unidade geomorfológica Baixada Santista, e encontra-se delimitada pelas escarpas da Serra do Mar a norte e a nordeste, ou parcialmente protegida e/ou isolada por morros e morrotes litorâneos, como aqueles instalados na região de Santos e São Vicente, assim como o morro litorâneo alongado proeminente e conformado entre as cidades de Guarujá e Bertioga. Na região da Baixada Santista são reconhecidas as unidades geotécnicas dos depósitos marinhos e mistos antigos e atuais, dos depósitos continentais de encostas e dos depósitos continentais aluviais.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS MARINHOS E MISTOS ANTIGOS E ATUAIS

A Unidade dos depósitos marinhos e mistos antigos e atuais correlaciona-se aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés ocupando os terrenos mais baixos e próximos aos canais da Baixada Santista; aos depósitos quaternários flúvio-marinhos assentados atualmente além dos locais sujeitos à influência de marés, em terrenos relativamente mais altos – quando comparados aos depósitos de mangue – e em posição intermediária entre os canais e os sopés das encostas de morros litorâneos e das escarpas da Serra do Mar, e ainda, aos depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou conformando cordões litorâneos.

Os depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés são reconhecidos na margem esquerda do canal de Piaçaguera, e na região da foz dos rios Jurubatuba, Diana e Sandi, na margem esquerda do estuário de Santos. Uma extensa área desses depósitos de mangue e pântano ocorre nas margens do Canal de Bertioga, e áreas menores foram reconhecidas nas proximidades do Canal de São Vicente, na sua margem direita.

Os depósitos quaternários flúvio-marinhos ocorrem nos arredores de Cubatão, onde encontra-se instalada a Refinaria Presidente Bernardes (PETROBRÁS), nas proximidades da foz do rio Moji, nos arredores de São Vicente, nos terrenos da ilha de Santo Amaro, a leste do Canal de Santos, e imediatamente a norte do Canal de Bertioga, além de outras ocorrências menores.

Os depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou de cordões litorâneos são reconhecidos na região do Guarujá e por grandes extensões na região hoje ocupada pela cidade de Santos, no sentido da Ponta da Praia, e na região da Praia Grande até o limite sudoeste da AII. Ainda que de forma subordinada, também é encontrada na margem esquerda do Canal de Santos, defronte à Ponta da Praia.

Nos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais onde ocorrem os depósitos de mangue e pântanos, e de depósitos flúvio-marinhos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam muito alta suscetibilidade a alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, respectivamente, e inundações diárias associadas às marés (depósitos de mangue e pântano) ou inundações pluviais (depósitos flúvio-marinhos).

Para os depósitos de mangue e pântano, de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros, assoreamento dos canais dependente das condições da vegetação típica, responsável pela fixação dos sedimentos, enquanto que nos terrenos associados aos depósitos flúvio-marinhos os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, decorrentes das dificuldades de escoamento de águas superficiais nestes terrenos, devido à baixa declividade, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem, recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários por adensamento de solos moles, danificação do leito das vias devido à saturação do subleito, assoreamento do sistema de drenagem, acentuando as condições de inundação e comprometendo até mesmo a qualidade das águas das praias adjacentes, e instabilidade das paredes de escavação.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos nos depósitos de mangue e pântano, correlacionam terrenos baixos e planos, sujeitos a ciclos diários de inundação conforme a variação das marés, sedimentos lamosos com matéria orgânica e restos de conchas e vegetais com intercalações de areia fina, terrenos de baixa capacidade de suporte, apresentando SPT = 0, sedimentos fixados pela vegetação de mangue.

Já os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos correlacionados aos sedimentos flúvio-lagunares e de baía, chama atenção do predomínio de sedimentos argilosos, com intercalações arenosas, com muita matéria orgânica, conferindo-lhes, por vezes, constituição turfosa, terrenos baixos e com declividade inferior a 5% separados das praias por cordões litorâneos, sedimentos argilosos ocorrem geralmente até a profundidade de 20m, podendo estar aflorando em superfície, nível d'água próximo à superfície ou mesmo aflorante durante boa parte do ano, estabelecendo áreas constantemente encharcadas, solo com baixa capacidade de suporte, apresentando SPT muito baixo (predominantemente menor que 2).

Quanto aos aspectos de uso de solo, nos terrenos associados aos depósitos de mangue e pântano podem ocorrer estruturas como atracadouros e marinas e habitações subnormais como palafitas, sendo também constatado o avanço do uso urbano/industrial por degradação/aterro do mangue. As áreas associadas aos depósitos quaternários de mangue e pântanos são protegidas por lei (preservação permanente). Já os melhores terrenos associados aos depósitos flúvio-marinhos encontram-se esgotados, e a expansão urbana e industrial de parte das cidades litorâneas da Baixada Santista, tem-se dado sobre esses terrenos. Contudo, são os terrenos mais problemáticos para a ocupação urbana em parte já ocupados pelas áreas de expansão, principalmente na Baixada Santista.

Nos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais onde ocorrem os depósitos de quaternários arenosos de praias atuais ou na forma de cordões litorâneos também predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, contudo, os mesmos tendem a apresentar baixa suscetibilidade a recalques e inundações.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem aqueles eventuais de fundação ligados principalmente a recalques em edificações de maior porte, devido à presença de camadas argilosas normalmente adensadas (sedimentos flúvio-lagunares) em subsuperfície, dificuldade do escoamento das águas superficiais e servidas principalmente nas áreas de cotas mais baixas; enchentes localizadas decorrentes da deficiência no sistema de captação e adução de águas servidas e pluviais, assoreamento e poluição das drenagens e praias ligado à atividade de mineração e retificação de cursos d'água e canais, instabilidade de paredes de escavação na presença do nível d'água, poluição das praias em consequência tanto do lançamento direto de águas servidas quanto de resíduos provenientes de correntes costeiras e de marés.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos correlacionam as areias marinhas e praiais, terrenos de baixa declividade constituídos essencialmente por areias pobres em argilas, com ocasionais intercalações argilosas, formação de terraços elevados com cotas maiores que 2m até cerca de 13m acima do nível do mar, antigos cordões litorâneos, depressões areno-turfosas e praias atuais, as depressões areno-turfosas e as porções intercordões contém finas camadas turfáceas, os sedimentos arenosos sob estas camadas podem apresentar cimentação húmica conferindo-lhes maior resistência, em subsuperfície podem ocorrer desde argila normalmente adensada correlata aos sedimentos flúvio-lagunares (SPT = 0), até argilas pré-adensadas denominadas argilas transicionais, e que ocorrem em profundidades maiores que 2m apresentando SPT entre 5 e 25, o que as diferenciam das argilas flúvio-lagunares.

Quanto aos aspectos de uso de solo, os terrenos associados aos depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou conformando cordões litorâneos, por suas características mais favoráveis, foram os primeiros a ser ocupados, suportando as porções mais antigas e consolidadas da maior parte das cidades litorâneas da Baixada Santista. Constituem os melhores terrenos para a ocupação urbana na baixada litorânea.

A seguir são apresentadas as **fotos 10.1.5.2.2-1** a **10.1.5.2.2-3** referentes à Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-1: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés presentes nos terrenos mais baixos e próximos aos canais na Baixada Santista. Identificada nas margens esquerda do canal de Piaçaguera e do estuário de Santos, na região da foz dos rios Jurubatuba, Diana e Sandi, nas margens do canal de Bertioga, e em áreas menores na margem direita no canal de São Vicente.



FOTO 10.1.5.2.2-2: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários flúvio-marinhos presentes nos terrenos relativamente elevados próximos aos canais na Baixada Santista. Ocorre nos arredores de Cubatão e de São Vicente e na porção continetal do município de Santos; nos terrenos da ilha de Santo Amaro e a norte do canal de Bertioga.

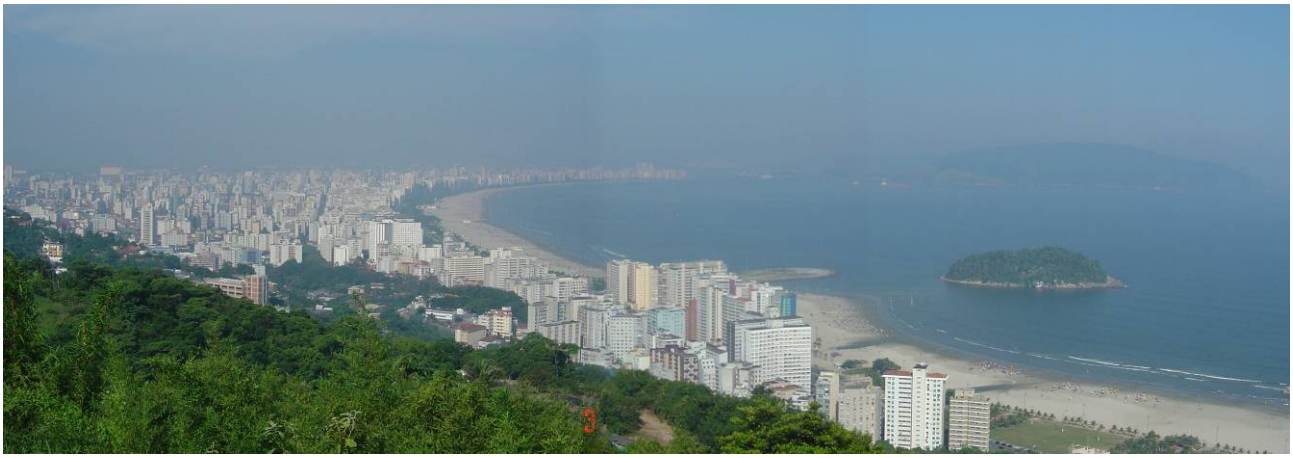


FOTO 10.1.5.2.2-3: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou de cordões litorâneos presentes na Baixada Santista. Seus depósitos são reconhecidos na região do Guarujá e em grande parte da cidade de Santos – desde a Alemoa até a Ponta da Praia – e em áreas da Praia Grande e de Vicente de Carvalho.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS DE ENCOSTAS

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas correlaciona-se aos sedimentos quaternários continentais indiferenciados, que incluem sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de tálus. Constitui terrenos situados junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar, na transição dos trechos serranos para os de baixada. Na AII, ocorrem imediatamente a montante da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, nas calhas dos rios Jurubatuba e Diana, bem como no seu interflúvio, além das cabeceiras e/ou calhas de tributários do Canal de Bertioga, como o rio Cabuçu.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam média suscetibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem impactos pela deposição de materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, recalque diferencial em fundações parcialmente apoiadas em blocos e matacões, dificuldade na implantação de infra-estrutura subterrânea, rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de erosão ou de cortes, e instabilização de depósitos de tálus por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamento de solos moles descritos nessa Unidade correlacionam sedimentos continentais do sopé de encostas de escarpas serranas; faixas abrangendo o sopé das encostas e áreas da baixada adjacente, situadas imediatamente abaixo de zonas potencialmente instáveis; ocorrência de blocos, tanto em superfície quanto em profundidade, envolvidos por matriz areno-argilosa (cones de dejeção); e depósitos de tálus representados por corpos altamente instáveis.

Quanto aos aspectos de uso de solo, os terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas são interceptados por obras lineares (estradas, dutos, etc.) em toda a faixa litorânea do Estado de São Paulo. No município de Cubatão, a ocupação está representada essencialmente por indústrias do Pólo Petroquímico, até mesmo com riscos de danificação por movimentos de massa nas encostas a montante.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-4** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-4: Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas associada aos sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de tálus. Conformam terrenos junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar e de morros isolados na Baixada Santista. Ocorrem como manchas isoladas e de pequenas extensões, preferencialmente nas porções continentais dos municípios de Santos, São Vicente, Cubatão e Bertioga e na ilha de Santo Amaro.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS ALUVIAIS

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam as áreas da baixada litorânea, e são reconhecidos imediatamente a montante dos depósitos de mangue e pântanos e/ou dos depósitos flúvio-lagunares e de baias. As principais calhas de drenagens presentes na Baixada Santista onde são verificados os depósitos que constituem essa Unidade são as dos rios Moji, Quilombo e Jurubatuba, assim como em porções do rio Cubatão.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos nessa Unidade correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água e estruturados com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, com exceção de algumas drenagens maiores – como observado em parte da calha até a foz dos rios Moji, Quilombo/da Onça e Jurubatuba, e que se encontram mais próximas à raiz da Serra do Mar em vales mais encaixados – a maioria dos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais nas cidades da baixada litorânea encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-5** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-5: Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada aos sedimentos aluviais quaternários presentes junto às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam áreas da Baixada Santista. Ocorre a montante dos depósitos de mangue e pântanos e/ou dos depósitos flúvio-lagunares e de baias, nos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão e, de forma subordinada, na ilha de Santo Amaro. Vista do vale do rio Moji, na região da raiz da Serra.

Serra do Mar

Corresponde à unidade geomorfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos. Encontra-se delimitada a norte com o Planalto e faz contato a sul com os sedimentos quaternários marinhos e mistos da Baixada Santista. No trecho Serra do Mar da AII são reconhecidos os terrenos que apresentam como processos do meio físico importantes muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais ou indizidos), além de processos secundários que compreendem alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais. Os mesmos foram agrupados na Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA E MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS E ALTA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS SECUNDÁRIOS

A Unidade apresenta o predomínio de terrenos onde se destacam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade a processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais e, eventualmente, induzida por movimentos de massa.

Aqueles terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar, e faz contato por longa extensão no Planalto com a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão. Apresenta distribuição geral sudoeste-nordeste, sendo reconhecidos desde as cabeceiras do rio Moji nas proximidades da vila de Paranapiacaba até a porção sudoeste da AII no trecho da Serra do Mar, na região de São Vicente e Praia Grande. Também ocorrem na região sudeste da faixa da Serra do Mar, sendo verificados na Serra do Morrão e na Serra do Quilombo e têm continuidade para sudeste até o contato com os sedimentos da Baixada Santista nas proximidades do Canal de Bertioga.

Nos terrenos das serras do Mar, do Morrão e do Quilombo, essa unidade associa-se, sobretudo, com as rochas migmatíticas e gnáissicas do Complexo Costeiro, assim como com as rochas granitóides intrusivas associadas às Fácies Itu e Cantareira, ou ainda, à Zona de Cisalhamento de Cubatão e aos xistos, filitos/filonitos e quartzitos subordinados do Complexo Pilar.

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos pode também apresentar características um pouco distintas quando associada aos morros litorâneos, sendo reconhecida no município do Guarujá até a sua extremidade nordeste, na região de Bertioga, além de morros menores na região do bairro de Santa Cruz dos Navegantes/terminal Guarujá no município do Guarujá, assim como nos morros de Santos e São Vicente.

Correlacionada aos morros litorâneos, nos seus terrenos continuam a predominar os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Contudo, apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, para aqueles terrenos onde se verifica muito alta suscetibilidade a escorregamentos, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem rastejo generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos. São fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, como desmatamentos, movimentos de terra e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Já para os terrenos conformados sobre os morros litorâneos onde predomina a alta suscetibilidade a escorregamentos – e de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo – os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Ainda de acordo com o referido quadro-legenda, os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado nos terrenos da Unidade Geotécnica com muito alta suscetibilidade a escorregamentos correspondem à ocorrência de relevo em escarpas com amplitudes de centenas de metros, associadas às rochas do embasamento cristalino (filitos, xistos, gnaisses, granitos, migmatitos, etc), encostas de perfil predominantemente retilíneo e com declividades superiores a 30º, solos superficiais (horizontes A e B pedológicos) argilosos, muito rasos, com espessuras máximas em torno de 1m, ou mesmo ausentes, solos de alteração/saprolito siltosos, cor variegada, de espessura variável, raramente ultrapassando 5m ou completamente ausentes (afloramentos rochosos), afloramentos rochosos relativamente frequentes, associados aos setores de encostas com declividade superior a 45º, e depósitos detríticos de encosta (coluviões e tálus) frequentes e associados aos setores mais suavizados.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade Geotécnica com alta suscetibilidade a escorregamentos correspondem à ocorrência de relevo de morros com serras restritas, serras alongadas, e montanhas no domínio das rochas cristalinas, encostas com perfil predominantemente retilíneo e declividades superiores a 20º, solos superficiais argilosos com espessura em torno de 1m, solos de alteração siltosos e de cor variegada com espessuras da ordem de 5-15m, depósitos detríticos (coluviões e tálus) apenas a jusante dos setores mais íngremes e de maior amplitude da encosta, afloramentos rochosos pouco frequentes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade na região da Serra do Mar – com muito alta suscetibilidade a escorregamentos – apresenta predominância absoluta da cobertura vegetal arbórea (remanescentes da Mata Atlântica), vias de ligação importantes, tais como as rodovias Anchieta e Imigrantes, as ferrovias Santos-Jundiaí, dutovias (água, gás, petróleo e derivados), linhas de transmissão, etc, ocupação urbana incipiente mas crescente em alguns pontos junto à Baixada Santista, e ocupação industrial importante junto ao sopé da escarpa da Serra do Mar em Cubatão (Pólo Petroquímico).

Quanto aos aspectos de uso de solo associado aos morros e morrotes isolados onde predominam terrenos com alta suscetibilidade a escorregamentos, destaca-se o crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, induzindo aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Observa-se, também, assentamento urbano carente de infra-estrutura e ocupação urbana frequentemente realizada sem critérios ou, na melhor das hipóteses, com critérios estabelecidos para as áreas mais favoráveis, de urbanização mais antiga. De modo geral, as cidades assentadas sobre terrenos com alta suscetibilidade a escorregamentos tendem a apresentar problemas associados aos movimentos de massa cada vez mais frequentes e intensos decorrentes do esgotamento dos melhores terrenos e a consequente expansão sobre terrenos cada vez mais declivosos e instáveis, como verificados nas áreas dos morros de Santos, São Vicente e Guarujá.

A seguir são apresentadas as **fotos 10.1.5.2.2-6** e **10.1.5.2.2-7** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida na Serra do Mar ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-6: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida na Serra do Mar com predomínio de processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Região com predomínio de muito alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos associados às vertentes da Serra do Mar. Município Cubatão, e porções continentais dos municípios São Vicente, Santos e Bertioga.



FOTO 10.1.5.2.2-7: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida nos morros e morrotes isolados da Baixada Santista com processos de movimento de massa, e processos de erosão subordinados. Região com predomínio de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos. Porções insulares dos municípios de Santos, São Vicente, Guarujá e Bertioga.

Planalto

Os terrenos associados ao Planalto englobam as unidades geomorfológicas Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de Jundiaí e Planalto de São Paulo. Limita-se ao sul com as escarpas da Serra do Mar, abrange os arredores imediatos da região metropolitana da cidade de São Paulo, como parte das cidades de Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André e Mauá, até a sua terminação meridional nas cabeceiras dos afluentes da Represa Billings, no limite do planalto com as escarpas da Serra do Mar. Abrange ainda as áreas meridionais dos municípios de São Bernardo do Campo e de Santo André, assim como da Vila de Paranapiacaba.

Também ocupam as áreas dos municípios de Cajamar, Santana de Parnaíba, Barueri e Osasco, transpondo na sua porção central os municípios de Itapevi, Carapicuíba, Embu e Taboão da Serra, a oeste, e a cidade de São Paulo a leste, até a porção sul-sudoeste no município de São Paulo. Avançam sobre terras dos municípios de Jundiaí, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista, Louveira, Vinhedo e Itupeva, e têm continuidade até as proximidades da cidade de Campinas, na altura da estaca 21+1.500m.

No trecho do Planalto da AII são reconhecidos e individualizados terrenos que apresentam como processos do meio físico importantes aqueles onde predominam o movimento de massa com processos de erosão subordinados; outros onde são reconhecidos como processos do meio físico importantes aqueles associados à erosão e que podem ou não apresentar como processos secundários os movimentos de massa.

Ainda são individualizados no Planalto os terrenos onde predominam depósitos continentais aluviais e seus processos de adensamentos de solos moles, os terrenos associados com relevos cársticos e rochas carbonáticas, e terrenos onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA

Os terrenos da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa ocorrem de forma suboridnada no Planalto, delimitados na porção oeste/noroeste e em parte na porção nordeste do Planalto Paulistano, assim como na região dos afluentes e nas margens da região norte do reservatório da Represa Billings, entre os municípios de Diadema e Mauá. Ocorrem associados aos migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, e as rochas granitóides da Fácies Cantareira estão presentes de forma subordinada na região de Diadema.

Têm ainda estreita correlação com as rochas cristalinas do embasamento, conforme cartografia da CPRM (1999). Na altura das estacas 17km a 18km, a sudoeste do traçado da dutovia, a unidade está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova, enquanto que a sul e sudeste da estaca 17km, região metropolitana de São Paulo, afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além de rochas granitóides intrusivas.

A Unidade constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão – dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa correspondem à ocorrência de relevo de morros com serras restritas, serras alongadas, e montanhas no domínio das rochas cristalinas, encostas com perfil predominantemente retilíneo e declividades superiores a 20º, solos superficiais argilosos com espessura em torno de 1m, solos de alteração siltosos e de cor variegada com espessuras da ordem de 5-15m, depósitos detríticos (coluviões e tálus) apenas a jusante dos setores mais íngremes e de maior amplitude da encosta, afloramentos rochosos pouco frequentes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, ás vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, nas cidades da região metropolitana, notadamente nos municípios de Mauá e Itapevi, destaca-se o crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, induzindo aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Observa-se, também, assentamento urbano carente de infra-estrutura e ocupação urbana frequentemente realizada sem critérios ou, na melhor das hipóteses, com critérios estabelecidos para as áreas mais favoráveis, de urbanização mais antiga. De modo geral, as cidades localizadas na Unidade 5a/3 tendem a apresentar problemas associados aos movimentos de massa cada vez mais frequentes e intensos decorrentes do esgotamento dos melhores terrenos e a consequente expansão sobre terrenos cada vez mais declivosos e instáveis.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.2.2-8** e **10.1.5.2.2-9** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-8: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibiidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto onde predominam morros médios com topos convexos conformados sobre xistos e rochas metabásicas do Grupo Serra do Itaberaba, e rochas granitóides do *Stock* Granítico Tico-Tico. Visada para sudeste. Arredores da estaca 15+3.000m. Município de Caieiras.



FOTO 10.1.5.2.2-9: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibiidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto e associada aos morros médios e altos de topos convexos conformados sobre quartzitos (Complexo Piracaia) e granitos (Maciço Granitóide Terra Nova) na região da Serra do Japi. Visada para noroeste. A unidade ocorre na porção oeste da faixa da AII, entre as estacas 17+4.600m e 18. Município de Jundiaí.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão ocupa grandes extensões no Planalto, e seus terrenos associam-se aos trechos do Planalto Paulistano/Alto Tietê, do Planalto Paulista e do Planalto de Jundiaí. São reconhecidos desde o limite com a Serra do Mar ao sul, passando pelas margens das represas Billings e Guarapiranga, avançando até a margem esquerda do rio Pinheiros e junto ao rio Tietê e arredores, e ocupando grande parte da faixa da AII na região metropolitana de São Paulo.Também é reconhecida na região das cidades de Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André e Mauá.

A Unidade ocorre de forma subordinada a partir da porção norte da cidade de São Paulo até os arredores da cidade de Jundiaí, quando seus terrenos passam a predominar amplamente, sendo reconhecidos através dos municípios de Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Louveira, Vinhedo e Itupeva, até os arredores da cidade de Campinas.

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão correlaciona-se com as rochas granitóides da Fácies Cantareira e migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, a sul do rio Tietê e a oeste do rio Pinheiros, assim como com os depósitos terciários da Bacia de São Paulo existentes a leste do rio Pinheiros e que se prolongam para sul na margem direita do reservatório da Guarapiranga e, em parte, com os morros e morrotes conformados sobre os xistos do Complexo Pilar.

Entre as estacas 13+6.000m e 21+1.500m, seus terrenos têm estreita correlação com rochas metamórficas diversas dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque e, principalmente, do Complexo Piracaia, ou ainda, com o Granito Itupeva, aflorante no município homônimo.

Constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Frequentemente – exceção observada nos arredores da margem direita do rio Pinheiros, a norte da represa de Guarapiranga e a nordeste da represa Billings, na região metropolitana de São Paulo, e nas imediições da cidade de Campinas – ocorrem processos de movimento de massa subordinados associados, caracterizados por média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão sobre solos superficiais pouco significativa, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários quando reconhecidos no Planalto – média suscetibilidade a escorregamentos – existentes e/ou potenciais, são os rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), localizados principalmente a jusante de compartimentos de alta e muito alta suscetibilidade. Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante na Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém pode-se registrar surgências d'água nos cortes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade correlacionam o relevo de morros e morrotes no domínio das rochas do embasamento cristalino, encostas com perfil predominantemente convexo, com declividades mais frequentes entre 15% e 30%, solos superficiais argilosos com espessuras médias em torno de 1m, e solos de alteração siltosos, eventualmente micáceos, com espessuras da ordem de dezenas de metros.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão contém boa parte das áreas de expansão urbana da região metropolitana da cidade de São Paulo. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados na Unidade são comuns nas cidades da região metropolitana da cidade de São Paulo, e tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.2.2-10** e **10.1.5.2.2-11** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-10: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do entroncamento do Rodoanel com a Rodovia dos Bandeirantes. Visada para norte-noroeste. Altura da estaca 14+5.000m. Arredores do bairro de Perus, município de São Paulo.



FOTO 10.1.5.2.2-11: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do Hopi Hari, onde predominam os gnaisses do Complexo Piracaia. Visada para noroeste. Arredores da estaca 19+5.900m. Município de Itupeva.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS RELEVOS CÁRSTICOS E DAS ROCHAS CARBORNÁTICAS

A Unidade Geológica dos Relevos Cársticos e das Rochas Carbonáticas tem ocorrência muito restrita na AII, onde ocupa três porções de forma lenticular em planta, duas delas localizadas em Santana de Parnaíba, na margem esquerda do rio Juqueri junto da sua confluência com o rio Tietê, e na margem direita do rio Tietê, a norte do Reservatório Edgar de Souza; e a terceira em Cajamar, na margem direita do ribeirão dos Cristais, a norte da sua confluência com o córrego Itaim ou Bom Sucesso e no lado oeste da rodovia Anhanguera, onde ocorreu o fenômeno de colapso de solo decorrente de um dolinamento (IPT, 1987c) em agosto de 1986.

De acordo com a Carta Geológica São Paulo (CPRM, 1999), as ocorrências de Santana de Parnaíba têm estreita correlação com rochas metavulcânicas a metasubvulcânicas básicas tholeiíticas com prováveis rochas piroclásticas associadas, enquanto que aquela de Cajamar está relacionada a filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, além de metamargas e calcários, todos litotipos da Formação Pirapora do Bom Jesus.

A Unidade Geológica dos Relevos Cársticos e das Rochas Carbonáticas constitui terrenos onde predominam os processos de afundamentos cársticos. Apresenta alta suscetibilidade a subsidências (afundamentos lentos) e colapsos (afundamentos bruscos) desenvolvidos em superfície como reflexo da dissolução do substrato rochoso carbonático em subsuperfície. Tais fenômenos ocorrem naturalmente, mas podem ser induzidos e potencializados por rebaixamentos acentuados dos níveis potenciométricos dos aquíferos, oscilações frequentes destes níveis, infiltração concentrada de água no solo, cargas elevadas sobre o solo, vibrações, etc..

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam substratos rochosos constituídos por calcários, mármores ou carbonatitos parcialmente solubilizados; relevo cárstico, com formas típicas como dolinas, sumidouros, lapiez, etc., na ausência de cobertura inconsolidada (carste exumado); relevo suavizado ou mesmo plano (depósitos alveolares, aluviões), quando há cobertura inconsolidada (carste coberto); possível presença de cavidades também na cobertura inconsolidada; e circulação de água complexa, com escoamento superficial e/ou subterrâneo, aquíferos diferenciados, etc..

Quanto aos aspectos de uso do solo, a norte e a oeste da região metropolitana de São Paulo verifica-se franca expansão urbana e industrial sobre os terrenos da Unidade 7, com intensas alterações e solicitações sobre fatores indutores dos processos de afundamentos cársticos, o que os qualifica como áreas com grande potencial de desenvolvimento dos citados fenômenos, a exemplo dos acidentes em Cajamar em 1986.

O uso adequado desses solos requer investigação específica do subsolo a cada projeto, controle das atividades que implicam alterações nas características e dinâmica das águas superficiais, e mapeamento detalhado do risco a afundamentos, quando se tratar de usos já consolidados, com as respectivas medidas necessárias para o enfrentamento preventivo e corretivo destes fenômenos.

A área de ocorrência da Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e das Rochas Carbonáticas em Cajamar foi alvo de diversas pesquisas posteriormente ao acidente geológico ocorrido em 1986, especialmente por parte do IPT (1986a, b, c; 1987a, b, c), que confeccionou um mapa de risco da região urbana de Cajamar.

O referido instituto caracterizou o sistema aquífero local como composto por duas unidades: a superior do tipo livre, com permeabilidade e capacidade de drenagem relativamente baixas, instalada nos solos coluvionares predominantemente argilosos que cobrem o maciço rochoso calcário; e a inferior do tipo confinado a semiconfinado, heterogêneo, com pronunciada anisotropia hidráulica, constituída por calcários e solos siltosos marrons da base do depósito detrítico que capeia os calcários.

Utilizando a classificação dos terrenos cársticos do ponto de vista da engenharia, desenvolvida por Waltham e Fookes (2003), Brancalhão Júnior (2006) enquadrou a zona urbana de Cajamar nas classes cársticas kII e kIII, ou jovem e maduro, respectivamente.

A classe kII é típica de regiões de clima temperado. Caracteriza-se pela presença de poucas dolinas, dos tipos dolina de sufosão e dolina de abatimento, e de falhas abertas com fluxo de água. O topo rochoso apresenta abundância de pequenas fissuras, que se estendem poucos metros abaixo da superfície. As cavernas são geralmente menores do que 3 m. As investigações de superfície desse tipo de carste são convencionais, e envolvem amostragem de rocha a cada 3 metros com checagem de fissuras no topo rochoso (WALTHAM E FOOKES, 2003).

Dolinas de sufosão ocorrem quando o sedimento de cobertura preenche progressivamente os vazios subterrâneos, causando lenta subsidência da superfície, enquanto que colinas de abatimento estão relacionadas a locais com cobertura inconsolidada formada por argilas coesivas ou areias úmidas, que se mantêm como barreiras por um período, enquanto os vazios aumentam e, posteriormente, sofrem o colapso (CULSHAW E WALTHAM, 1987).

A classe kIII é comum em regiões de clima temperado e tropical úmido. Caracteriza-se pela presença comum de dolinas de sufosão e de abatimento, grandes dolinas de dissolução e pequenas dolinas de colapso e soterramento. O topo rochoso apresenta fissuramento extensivo, com aberturas secundárias, além de relevo menor que 5 metros e blocos basculados no material de cobertura. Ocorrem cavernas maiores que 5 metros de comprimento em vários níveis. As investigações de superfície envolvem amostragem do topo rochoso e da rocha a cada 4 m, com investigações geofísicas de microgravidade (WALTHAM E FOOKES, 2003).

Dolinas de dissolução compreendem o simples rebaixamento da superfície que se observa em paisagens cársticas, levando a um padrão de drenagem do tipo convergente. Sua formação se relaciona com as feições estruturais do maciço rochoso. Dolinas de colapso decorrem do colapso rápido do teto de cavernas, resultando, consequentemente, no colapso da superfície (CULSHAW E WALTHAM, 1987). Dolinas de subsidência subdividem-se em dolinas de sufosão e dolinas de abatimento, descritas anteriormente.

Brancalhão Júnior (2006) também elaborou um mapa de risco geológico para a região urbana de Cajamar que, segundo o próprio autor, tem caráter preventivo, ao passo que o mapa do IPT teria caráter remediativo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-12** referente à Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e Rochas Carbonáticas reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-12: Região de exposição da Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e Rochas Carbonáticas reconhecida no Planalto, presentes na AII ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Principais ocorrências delimitadas nos municípios de Cajamar e Santana de Parnaíba, a oeste do empreendimento, na altura das estacas 14 a 16. (Imagem GOOGLE – Pedreira Pires – Cajamar)

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais identificada no Planalto correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam seus terrenos. As principais drenagens presentes no Planalto são os rios Juqueri e afluentes, como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha; os rios Pirajussara, Tietê e Pinheiros, principalmente nos municípios de São Paulo, Osasco, Carapicuíba e Taboão da Serra, bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; aquelas drenagens que deságuam nos reservatórios da Guarapiranga e Billings, assim como as cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do rio Tamanduateí. A noroeste da região metropolitana de São Paulo até os arredores de Campinas, destacam-se os rios, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, que cruzam quase toda a extensão da AII nas direções NW-SE e WNW-ESE.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais em geral estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, sendo os mesmos estruturados com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais nas cidades da região metropolitana da cidade de São Paulo, de modo geral, encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-13** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-13: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às várzeas de drenagens maiores e que recobre parcialmente as unidades dos planaltos de Jundiaí, Paulistano/Alto Tietê e Paulista. Vista dos terrenos planos da planície de inundação do rio Jundiaí. Visada para sudoeste. Região da estaca 18+6.000m. Município de Jundiaí.

UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados é identificada na faixa da AII no Planalto, no município de São Paulo, ao longo da margem direita do rio Pinheiros, e nos municípios de São Bernardo do Campo e Santo André, no entorno dos ribeirões dos Couros e dos Meninos.

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo (NAKASAWA ET AL., 1994). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – predominam terrenos colinosos da Bacia de São Paulo.

Esta unidade contém as porções mais antigas e consolidadas das áreas urbanas da região metropolitana de São Paulo.

Bacia do Paraná

Os terrenos ocupados pela Bacia do Paraná englobam as unidades geomorfológicas Depressão Periférica Paulista e Planalto Ocidental Paulista. Tem início no extremo sul do Município de Campinas e se estendem pelo restante do traçado norte-sul da dutovia até o terminal Serrana, bem como por todo o trecho leste-oeste do empreendimento, desde Paulínia (a leste) até Botucatu (a oeste).

Na faixa da AII da Bacia do Paraná são reconhecidos e individualizados terrenos que apresentam como processos importantes do meio físico aqueles onde predominam a erosão com muito alta suscetibilidade, e que podem ainda apresentar como processos subordinados a suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; outros terrenos onde são reconhecidos como processos mais importante do meio físico a alta suscetibilidade à erosão e que podem conter como processo secundário a suscetibilidade ao colapso de solos; e terrenos onde ocorre como processo do meio físico mais importante ora predomínio da suscetibilidade à contração/expansão dos solos, ora a manifestaçõa de recalques por colapso dos solos.

Ainda são identificados na faixa da AII na Bacia do Paraná aqueles terrenos onde predominam depósitos aluviais e seus processos de adensamentos de solos moles, e os terrenos onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

No trecho norte-sul da futura dutovia, a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão está presente nos municípios de Campinas, entre as estacas 21+1.500m e 22+6.000m, Limeira, imediações da estaca 27km, e desde a estaca 32km até a altura da estaca 36km, onde abrange parte dos municípios de Leme, Corumbataí, Santa Cruz da Conceição, Analândia e Pirassununga. No trecho leste-oeste ocupa ampla extensão entre os terminais Botucatu e Santa Bárbara d'Oeste.

Quando apresenta processos secundários associados aos movimentos de massa, a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão está representada em dois segmentos do trecho norte-sul da AII. No primeiro abrange parte da porção oeste dos municípios de Pirassununga e Santa Cruz da Conceição, e está localizado entre as estacas 34+5.200m e 35+2.500m, e o segundo ocorre na porção sul do município de Descalvado nas imediações da estaca 36km. Ocupa, ainda, uma pequena área a oeste da estaca 34km, no limite entre Corumbataí e Analândia, correlacionada aos arenitos da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais (Formação Pirambóia) do Grupo São Bento.

A Unidade pode apresentar terrenos onde ocorrem processos secundários de contração/expansão dos solos. No trecho norte-sul da AII da futura dutovia, tal situação é verificada na porção sudoeste do município de Leme, no limite com os municípios de Araras, Rio Claro e Corumbataí, nas imediações da estaca 33km. No trecho leste-oeste da AII, a mesma situação ocorre principalmente em Saltinho, Piracicaba e parte de Anhembi.

De acordo com a carta geológica Campinas (CPRM, 1999), a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão – e que pode ou não apresentar como processos secundários os movimentos de massa – correlaciona-se com as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas e, principalmente, com as rochas sedimentares dos grupos Tubarão (Subgrupo Itararé), São Bento (arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral), Guatá (Formação Tatuí) e Passa Dois (Formação Irati).

Segundo os mapeamentos geológicos realizados pela CPRM (1999, 2006) e Daee/Unesp (1984), quando também são recohecidos processos subordinados de contração/expansão dos solos a Unidade apresenta estreita correlacão com argilitos, folhelhos e siltitos da Formação Teresina.

A Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa, sendo de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, e processos de expansão/contração dos solos quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos, aos quais apresentam média suscetibilidade.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais relacionados à erosão abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas a partir do desmatamento em cabeceiras de drenagem e de matas ciliares, da concentração do escoamento das águas superficiais em loteamentos e obras viárias sem as medidas de proteção adequadas, e do manejo agrícola não-conservacionista; o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões. As boçorocas, em geral, são ramificadas e de dimensões médias – profundidades médias em torno de 10m.

Quanto aos processos secundários verificados na Unidade, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem os rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20º, em geral mais declivosos, como cabeceiras de drenagens, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), localizados principalmente a jusante de compartimentos de alta e muito alta suscetibilidade, além de escorregamentos de solo pouco frequentes e restritos aos poucos trechos escarpados do compartimento, solapamentos associados a erosão profunda (ravinas, boçorocas) e quedas de detritos associados a erosão diferencial. Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários de expansão/contração dos solos são aqueles decorrentes da variação volumétrica causada por saturação e/ou perda de umidade, devido à presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, pois estes podem sofrer desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão, pode ocorrer desabamento de túneis e basculamento de estruturas em edificações leves (causado por expansões ou retrações diferenciais).

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão correlacionam substratos constituídos por arenitos; relevo predominante de colinas médias e morrotes; declividades predominantes entre 10% e 20%; ruptura de declive na encosta; solo podzólico vermelho amarelo, com textura areno/argilosa a arenosa/média, com transição abrupta entre horizontes A e B, gradiência textural A/B, horizonte A com estrutura porosa e B com estrutura prismática, drenagem truncada; escoamentos superficial e subsuperficial (hipodérmico) importantes; forte gradiente hidráulico; nível d'água relativamente raso, em torno de 5m; ocorrência de nível d'água suspenso; e surgências d'água nas encostas.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade correlacionam terrenos de morros e morrotes no domínio das rochas do embasamento cristalino, encostas com perfil predominantemente convexo, com declividades mais frequentes entre 15% e 30%, solos superficiais argilosos com espessuras médias em torno de 1m, e solos de alteração siltosos, eventualmente micáceos, com espessuras da ordem de dezenas de metros.

Também podem associar-se os terrenos constituídos de relevos residuais e de encostas, não escarpados no domínio das rochas básicas e sedimentares da Bacia do Paraná, encostas com perfil variado, com declividades predominantes entre 10 e 20^{o}, raros afloramentos rochosos junto das bordas das mesas basálticas ou sedimentares, ou ainda, terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis; ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como as fácies argilosas do Grupo Passa Dois (formações Teresina e Corumbataí); relevo predominante de morrotes; e solo resultante argilo-siltoso, com gretas de dissecação (principalmente os solos hidromórficos e solos rasos, como cambissolos, brunizéns e litólicos).

Quanto aos aspectos do uso do solo, a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão abrange, na maior parte, áreas de pastagens/campo antrópico, mas também áreas de cultivo, e ocupação industrial mais destacada associada às cidades de maior porte como, por exemplo, o município de Campinas, ou predominam cidades de pequeno e médio porte. Usos diversos, como cobertura vegetal, reflorestamentos, pastagens e chácaras de lazer também são observados.

Para os processos secundários, com relação aos aspectos de uso do solo, predominam cobertura vegetal natural e pastagens, bem como áreas de cultivo em porções mais suavizadas das encostas, ou a instalação de taludes viários, bem como nos processos de terraplenagem em áreas de uso habitacional.

A seguir são apresentadas as **fotos 10.1.5.2.2-14** a **10.1.5.2.2-17** referentes à Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão reconhecida na Bacia do Paraná (Depressão Periférica e Planalto Ocidental) ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-14: Aspectos da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão associada aos terrenos de colinas de topos convexos da Depressão Periférica (Bacia do Paraná) conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia dos Bandeirantes. Região das estacas 21+1.500m e 22+6.000m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.5.2.2-15: Aspectos da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão e com ocorrências subordinadas de terrenos com média suscetibilidade a escorregamentos. Região de colinas de topos convexos da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental Paulista (Bacia Sedimentar do Paraná). Região das estacas 32 e 36. Municípios de Leme, Corumbataí, Santa Cruz da Conceição, Analândia e Pirassununga.



FOTO 10.1.5.2.2-16: Aspectos da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão e com ocorrências eventuais de terrenos onde se associam processos secundários de contração/expansão dos solos. Região de colinas de topos amplos aplanados ou amplos e convexos (Depressão Periférica). Região das estacas 51 e 54 (trecho leste-oeste), nos municípios de Piracicaba e Saltinho.



FOTO 10.1.5.2.2-17: Região da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão e com eventuais ocorrências de processos secundários de contração/expansão dos solos. Região dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento (Formações Pirambóia e Botucatu) na Depressão Periférica, entre o terminal de Botucatu até as imediações da estaca 50+2.400m. Municípios de Botucatu, Anhembi e Piracicaba.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

No trecho norte-sul da AII, a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão abrange grande parte dos municípios de Campinas, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Serrana. No trecho leste-oeste, está presente em parte de Piracicaba e de Anhembi, a norte do terminal homônimo e em parte da margem esquerda do rio Alambari.

A Unidade também contorna toda a área de ocorrência da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão e estabelece o limite entre o Planalto e a Bacia do Paraná (Depressão Periférica). Nessa região, o traçado da dutovia intercepta a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão desde a altura da estaca 19+750m até a estaca 21+1.5000m, região de Campinas e Itupeva.

De acordo com os mapas geológicos do Estado de São Paulo da CPRM (1999) e do convênio Daee-Unesp (1984), a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão correlaciona-se às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas e às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé), nos arredores dos municípios de Campinas, Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste. Entre Descalvado e Serrana, tem estreita correlação com os arenitos da Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais do Grupo São Bento (formações Pirambóia e Botucatu). Subordinadamente ocorre associada aos basaltos da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diques de Diabásio (Grupo São Bento – Formação Serra Geral). Entre as estacas 19+750m e 21+1.500m, correlaciona-se aos gnaisses do Complexo Piracaia.

A Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão constitui terrenos onde predominam os processos de erosão e que apresentam alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente são reconhecidos terrenos que apresentam, de forma secundária, alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Também podem ocorrer terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo (urbano, viário, etc.), bem como a formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, alargando-as e ramificando-as através de *piping* e descalçamento de taludes. Estes problemas são intensificados com usos mais intensos e inadequados dos solos, em áreas de expansão urbana e obras viárias, onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas. Durante chuvas intensas, a velocidade de progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo. Na região da AII da futura dutovia, o município de Botucatu representa um caso de desenvolvimento de boçorocas desse tipo.

Em outros locais, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão pouco significativa sobre solos superficiais, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Ainda segundo o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais associados ao processo secundário, quando presente, abrangem recalques na fundação de edificações e outras obras civis, tais como barragens, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. Em áreas urbanas, este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos expressivos em redes de água, esgoto e de efluentes industriais diversos, pois a saturação do solo favorece o arraste dos finos nos solos (*piping*), formando cavidades e aumentando a proporção de recalques em superfície. No caso de vazamento em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas e, ainda, quando os efluentes lançados nas redes de esgoto são corrosivos ao material da própria tubulação e reagentes ao solo, como no caso de dispersantes de argila.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam substratos rochosos areníticos das formações Pirambóia, Itararé e Botucatu, e das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e AMARELOS predominantes, com textura média a arenosa, estrutura maciça e porosa, microagregada, e drenagem livre, de média a baixa densidade, com vales abertos. O nível d'água é geralmente profundo (>10 m), e o relevo é predominantemente de colinas amplas, com declividades predominantes entre 0 e 10%. Quanto aos aspectos corretivos de boçorocas de grande porte, deve-se destacar a necessidade de investigações geológico-geotécnicas em nível de detalhe, para melhor concepção de projetos de recuperação de áreas degradadas pelos ravinamentos supracitados.

Os aspectos físicos de interesse – quando correlacionados aos gnaisses, admitem relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário eventualmente presente na Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão correlacionam terrenos com maior suscetibilidade nos sedimentos cenozóicos; solos com textura arenosa ou argilosa, dependendo dos materiais de origem; fração argila constituida de argilominerais da família da caulinita e óxidos de ferro e/ou alumínio; espessuras dos solos colapsíveis variável normalmente de 2 a 7 m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20m; solos pedologicamente evoluídos (com elevado índice de vazios, acima de 0,70) e baixo grau de saturação e teor de umidade; estrutura macroporosa, microagregada, sustentada por cimentação e/ou tensão capilar, capaz de proporcionar ao solo uma resistência adicional temporária; compressibilidade normalmente alta para sua natureza granulométrica, a qual é reduzida a valor normal, quando sua estrutura é destruída; quando ocorre compactação desse material, este apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações na engenharia civil.

Quanto aos aspectos de uso do solo, a Unidade corresponde em maior parte às áreas de cultivos, seguidas das áreas de pastagens/campo antrópico. No trecho da rodovia Anhanguera ocorre franco processo de expansão urbana e importante ocupação industrial, principalmente nas cidades de maior porte como Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

Naquelas porções da faixa da AII da dutovia onde a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão apresenta colapso de solos como processo secundário, os aspectos de uso do solo correspondem em maior parte às áreas de cultivos, seguidas das áreas de pastagens/campo antrópico. No trecho da rodovia Anhanguera ocorre franco processo de expansão urbana e importante processo de ocupação industrial, principalmente nas cidades de maior porte, como é o caso do município de Santa Bárbara d'Oeste. No interior do estado, a urbanização tende a ocupar áreas de relevo suave, como topo de colinas e/ou espigões, onde é comum a ocorrência destes solos, com maior suscetibilidade de desenvolvimento dos processos colapsíveis (predomínio de infiltração sobre o escoamento das águas), sendo que os principais usos que aceleram o desenvolvimento desses processos são a rede de infra-estrutura urbana (saneamento e distribuição de água), armazenamento de combustíveis e efluentes químicos, lançamento de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

A seguir são apresentadas as **fotos 10.1.5.2.2-18** a **10.1.5.2.2-20** referentes à Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão reconhecida na Bacia do Paraná (Depressão Periférica e Planalto Ocidental) ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-18: Aspectos da Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão associada às colinas e morros baixos de topos convexos. Ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Visada para sudeste. Região das estacas 19 a 21. Município de Campinas.



FOTO 10.1.5.2.2-19: Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão associada aos morros de topos convexos conformados sobre rochas dos Depósitos Continentais Arenosos (formações Pirambóia e Botutacu) e da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos (Intrusivas Básicas Tabulares e Formação Serra Geral). Região de relevo do Planalto Ocidental Paulista, entre a estaca 36+4.000m e o terminal Serrana. Municípios de Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Serrana.



FOTO 10.1.5.2.2-20: Aspectos da Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão associada às colinas de topos amplos conformados sobre rochas sedimentares do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé) e sedimentos recentes das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, ambos instalados na Depressão Periférica. Região das estacas 22+8.100m e 26+3.500m. Municípios de Campinas, Monte Mor, Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE À CONTRAÇÃO/EXPANSÃO OU AO COLAPSO DE SOLOS

No trecho norte-sul da AII da futura dutovia, a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos – quando predominam os processos de contração / expansão dos solos – ocorre entre as estacas 28+8.000m e 33km (Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Araras), enquanto que no trecho leste-oeste ocupa as imediações do terminal Anhembi, e a porção noroeste do município de Rio das Pedras. No primeiro caso, sua ocorrência está fortemente correlacionada à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios da Formação Corumbataí, conforme a carta geológica Campinas (CPRM, 1999), sendo observados, subordinadamente, diques de diabásio ou *sills* de rochas de composição básica a intermediária das Rochas Intrusivas Tabulares, e arenitos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Em Anhembi, sua ocorrência está correlacionada à presença de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados da Formação Teresina, segundo a cartografia da CPRM (2006).

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos ora constitui terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries (NAKAZAWA ET AL., 1994), ora é representada por terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso.

Os terrenos da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos associados ao processo do meio físico onde predomina o colapso dos solos ocorrem na AII de forma muito restrita, como uma pequena mancha em Rio das Pedras, sempre espacialmente associada à Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados e em estreita correlação com as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados à contração/expansão dos solos são aqueles decorrentes da variação volumétrica causada pela presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, pois estes podem sofrer desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão, pode ocorrer desabamento de túneis e basculamento de estruturas em edificações leves (causado por expansões ou retrações diferenciais).

Os problemas existentes e/ou potenciais correlacionados ao colapso dos solos abrangem recalques na fundação de edificações e outras obras civis, tais como barragens, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. Em áreas urbanas, este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos expressivos em redes de água, esgoto e de efluentes industriais diversos, pois a saturação do solo favorece o arraste dos finos nos solos (*piping*), formando cavidades e aumentando a proporção de recalques em superfície. No caso de vazamento em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas e, ainda, quando os efluentes lançados nas redes de esgoto são corrosivos ao material da própria tubulação e reagentes ao solo, como no caso de dispersantes de argila.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis; ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como as fácies argilosas da Formação Corumbataí; relevo predominante de morrotes; e solo resultante argilo-siltoso, com gretas de dissecação (principalmente os solos hidromórficos e solos rasos, como cambissolos, brunizéns e litólicos).

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – os terrenos com maior suscetibilidade ao processo de colapso dos solos associam-se aos sedimentos cenozóicos que recobrem grande parte do interior do Estado; os solos apresentam textura arenosa ou argilosa, dependendo dos materiais de origem; a fração argila constitui-se de argilominerais da família da caulinita e óxidos de ferro e/ou alumínio; as espessuras do solo colapsível normalmente variam de 2 a 7m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20m; solos pedologicamente evoluídos, com alto índice de vazios e baixos grau de saturação e teor de umidade; estrutura macroporosa, microagregada, sustentada por cimentação e/ou tensão capilar, capaz de proporcionar ao solo uma resistência adicional temporária; possui compressibilidade normalmente alta para sua natureza granulométrica, a qual é reduzida a valor normal, quando sua estrutura é destruída; quando compactado, este material apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações da engenharia civil.

Quanto aos aspectos de uso do solo, os problemas relacionados à contração/expansão dos solos estão ligados à instalação de taludes viários e aos extensos processos de terraplenagem em áreas de uso habitacional. A Depressão Periférica representa uma das áreas com maior ocupação urbana sobre esta unidade.

Quando os problemas relacionam-se ao colapso dos solos, dizem respeito à tendência de ocupação urbana em áreas de relevo suave (p.ex. topo de colinas e/ou espigões) no interior do Estado de São Paulo, onde é comum a presença de solos com maior suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de colapso de solos (predomínio da infiltração sobre o escoamento das águas). Os principais tipos de uso do solo que aceleram o desenvolvimento desses processos são a rede de infra-estrutura urbana (saneamento e distribuição de água), o armazenamento de combustíveis e lançamento de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

A seguir são apresentadas as **fotos 10.1.5.2.2-21** e **10.1.5.2.2-22** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos reconhecida na Bacia do Paraná (Depressão Periférica e Planalto Ocidental) ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-21: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos identificada na Depressão Periférica e que ocorre associada ao Grupo Passa Dois, com o predomínio de rochas sedimentares finas – argilitos e siltitos – da Formação Corumbataí. Região das estacas 28+8.000m e 33, onde predominam os processos de contração/expansão dos solos. Municípios de Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Araras.



FOTO 10.1.5.2.2-22: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão de Solos ou ao Colapso de Solos identificada na Depressão Periférica. Ocorre associada às rochas sedimentares finas – argilitos e siltitos – da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois – Bacia do Paraná). Região das estacas 53+6.300m e 55+1.000m, onde predominam os processos de contração/expansão dos solos. Municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios, pertencentes às bacias do rio Capivari e Piracicaba, que drenam as áreas da Depressão Periférica, e dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, que drenam o Planalto Ocidental Paulista.

A Unidade constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocados pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, estruturadas com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos do uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade nas cidades de médio e grande portes encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-23** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais reconhecida na Bacia do Paraná ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-23: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às drenagens que recortam os terrenos da Bacia do Paraná, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea de um afluente da bacia do rio Piracicaba, junto à Rodovia dos Bandeirantes. Altura da estaca 24+6.000m. Municípios de Sumaré e Nova Odessa.

UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados ocorre na faixa da AII associada à Bacia do Paraná ocupando extensões expressivas no intervalo das estacas 24km a 32km e 42km até o terminal Serrana, aproximadamente, em território dos municípios de Santa Bárbara d'Oeste até Araras, Rio das Pedras até Paulínia, além de São Simão, Cravinhos e Serrana, bem como na forma de manchas menores disseminadas por toda a AII.

Os terrenos da Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados podem estar correlacionados às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, e às rochas sedimentares dos grupos Tubarão (Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana), Guatá (Formação Tatuí) e Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí), e ainda, do Grupo São Bento (Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos correlacionados à Formação Serra Geral e às Rochas Intrusivas Tabulares), todos pertencentes à Bacia do Paraná (CPRM, 1999; DAEE/UNESP, 1984).

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA ET AL., 1994). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – predominam terrenos colinosos da Depressão Periférica.

Esta unidade contém as porções mais antigas e consolidadas das áreas urbanas da Depressão Periférica, como Campinas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.2.2-24** referente à Unidade Geotécnica com Processos de Baixa Suscetibilidade reconhecida na Bacia do Paraná ao longo da faixa da AII da dutovia.



FOTO 10.1.5.2.2-24: Aspectos da Unidade Geotécnica com Processos de Baixa Suscetibilidade na Depressão Periférica associada às rochas do Subgrupo Itararé, na região de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Iracemápolis, Santa Gertrudes e Cordeirópolis, entre as estacas 24 e 32. A Unidade também ocorre em terrenos do Planalto Ocidental Paulista associados à Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos (Grupo São Bento – Formação Serra Geral) nos municípios Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana, entre a estaca 42 e o terminal Serrana.

10.1.5.2.3. Conclusões sobre a Geotecnia da AII

Baixada Santista

Na Baixada Santista foram identificadas as unidades geotécnicas dos depósitos marinhos e mistos antigos e atuais, dos depósitos continentais de encostas e dos depósitos continentais aluviais.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS MARINHOS E MISTOS ANTIGOS E ATUAIS

Nos terrenos onde ocorrem os depósitos de mangue e pântanos e de depósitos flúvio-marinhos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com muito alta suscetibilidade e alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações diárias associadas às marés (depósitos de mangue e pântano) ou às inundações pluviais (depósitos flúvio-marinhos), enquanto que nos terrenos dos depósitos arenosos os processos predominantes tendem a apresentar baixa suscetibilidade a recalques, adensamento de solos moles e às inundações.

Para os depósitos de mangue e pântano, os problemas principais associados à execução da futura dutovia abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros e, eventualmente, o assoreamento de canais associados à vegetação típica e à fixação de sedimentos. Já para os terrenos associados aos depósitos flúvio-marinhos, os problemas existentes e/ou potenciais associados à execução e à manutenção da futura dutovia abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem e, eventualmente, recalques localizados em aterros ou nas fundações de travessias de maior porte por adensamento de solos moles, ou ainda, danificação do subleito do traçado devido à saturação, considerando que durante as obras de implantação o assoreamento do sistema de drenagem pode acentuar as condições de inundação e comprometer a estabilidade das paredes escavadas.

Nos terrenos dos depósitos de quaternários arenosos, devido a pouca profundidade das obras de implantação do futuro empreendimento, os eventuais problemas geotécnicos tendem a ser menores, com destaque para a instabilidade de paredes durante as obras de escavação na presença do nível d'água, situação que poderá ocorrer no município do Guarujá. Esses terrenos arenosos, por suas características mais favoráveis, constituem os melhores terrenos para a ocupação urbana na baixada litorânea e, da mesma forma, para a implantação de obras lineares a pouca profundidade associada à ausência de fundações profundas.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS DE ENCOSTAS

Nos terrenos com depósitos colúvio-eluvionares e de tálus encontrados no sopé das escarpas da Serra do Mar e em trechos serranos dos morros litorâneos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com média suscetibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos.

Os eventuais problemas existentes e/ou potenciais associados às obras de escavação e manutenção da futura dutovia incluem impactos associados com materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, e dificuldade na escavação e aterramento dos dutos devido à presença de blocos diversos e instáveis, além do rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de cortes, e instabilização de depósitos de tálus – que constituem corpos altamente instáveis – por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais durante o período de implantação e, mais raro, por constituírem corpos em movimento lento e constante, durante os anos de operação.

Situações que merecem atenção podem ser consideradas no trecho da escarpa da Serra de Cubatão, pela ocorrência de corpos de menor dimensão não identificados, assim como aqueles reconhecidos nas encostas da Serra do Morrão e da Serra do Quilombo, e que podem apresentar riscos de danificação dos dutos por movimentos de massa nas encostas/escarpas a montante, seja na implantação ou durante o período de operação.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS ALUVIAIS

Nos terrenos planos contendo depósitos aluviais quaternários associados às calhas dos rios e ribeirões maiores na baixada litorânea, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

Os problemas esperados podem associar-se principalmente ao período de implantação da dutuvia, ocorrendo dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes, principalmente quando for interceptado o nível d'água – em geral raso – e for verificada à presença de materiais com baixa capacidade de suporte, caracterísitca dos sedimentos aluviais mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos). Problemas potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e/ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem ou solapamento das margens.

Contudo, as áreas de várzea a serem atravessadas pela futura dutoovia encontram-se aterradas e/ou ocupadas, com seus cursos d'água já alterados (retificados/canalizados) visando reduzir as inundações.

Serra do Mar

Nas escarpas da Serra do Mar, nos morros alongados – de aspecto serrano – e nos morros isolados identificados na Baixada Litorânea, foram agrupados os terrenos que apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais ou induzidos), frequentemente acompanhados de processos secundários de alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA E MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS E ALTA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS SECUNDÁRIOS

A Unidade apresenta o predomínio de terrenos onde se destacam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados, com muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, e alta suscetibilidade a processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais e, eventualmente, induzida por movimentos de massa. Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Os problemas predominantes associados aos escorregamentos existentes e/ou potenciais abrangem rastejo frequente a generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo frequentes a muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas, e escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares. Tais processos potenciais podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos ou muito intensos, além de fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo – desmatamentos e terraplanagem – e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos de erosão dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; à erosão sobre os solos superficiais; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão antrópica.

Problemas críticos poderiam ser esperados no trecho de transposição da Serra do Mar, paralelo ao aqueduto da Usina Hrenry Borden. Contudo, no local, medidas de proteção e de mitigação de processos de escorregamentos e de erosão constituem parte da manutenção da obra implantada desde a primeira metade do século passado, o que minimiza a instalação dos processos típicos desta unidade geotécnica.

Nas regiões da Serra do Morrão e da Serra do Quilombo, nas obras lineares já implantadas (Rodovia Piaçaguera-Guarujá) são observadas medidas de proteção contra escorregamentos nos pontos mais críticos. E no trecho que requer maiores cuidados na Ilha de Santo Amaro – na sua extremidade sudoeste – a transposição da dutovia será efetuada por túnel na região do Morro da Barra, devendo ser considerados como pontos críticos o emboque e o desemboque da estrutura subterrânea, onde os processos de movimento de massa poderão se instalar.

Quanto aos morros e morrotes isolados onde predominam terrenos com alta suscetibilidade a escorregamentos, o traçado da dutovia a ser implantada sofre desvios e a mesma será implantada em terrenos planos próximos sem desnível topográfico significativo e assentados na baixada litorânea, onde não são reconhecidos os processos e problemas descritos acima.

Planalto

No Planalto, nos terrenos da AII, são reconhecidos como processos do meio físico importantes aqueles onde predominam o movimento de massa com processos de erosão subordinados, e aqueles associados à erosão que podem ou não apresentar os movimentos de massa como processos secundários. Também são individualizados terrenos onde predominam depósitos continentais aluviais com adensamentos de solos moles, terrenos associados com relevos cársticos e rochas carbonáticas, e aqueles onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA

Nos terrenos da unidade predominam processos de movimento de massa, com processos de erosão secundários, com alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos movimentos de massa abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos. Esses processos potenciais podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários de erosão dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; à erosão sobre os solos superficiais; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão antrópica.

A ocupação antrópica no Planalto, devido ao crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, tem induzido aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Contudo, esses terrenos – com alta suscetibilidade aos movimentos de massa e com frequentes processos de erosão secundários associados – nos trechos que deverão ser atravessados pela futura dutovia, encontram-se recortados por obras lineares, com destaque para trechos subordinados do Rodoanel Sul, Rodoanel Oeste e Rodovia dos Bandeirantes até ao sul da cidade de Jundiaí.

Nos trechos onde a futura dutovia deverá aproveitar as faixas de domínios de obras lineares já executadas, as medidas de contenção e de mitigação de processos de movimento de massa e de erosão já estão contemplados e em constante monitoramento com obras de manutenção.

Preocupação maior deve ser tomada para os trechos onde o futuro empreendimento se afastar das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos seus taludes protegidos. Neste caso, as obras de escavação para a implantação da futura dutovia – mesmo a pouca profundidade – deverão ser consideradas com as devidas precauções nos trechos com taludes mais íngrimes a ser escavados e com estruturas geológicas desfavoráveis, situação que merece destaque entre as estacas 15 e 16+7.500m.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

Os terrenos do Planalto onde predominam os processos de erosão apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Também são reconhecidos, em várias regiões, processos de movimento de massa subordinados com média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem. Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários, quando reconhecidos no Planalto – são rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), sendo os processos de instabilização principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

De interesse para a futura dutovia, nos terrenos do Planalto que apresentam alta suscetibilidade à erosão, encontram-se instaladas diversas obras lineares de grande porte, com destaque para Rodovia de Interligação Anchiete-Imigrantes, a Rodovia dos Imigrantes, o Rodoanel Sul, o Rodoanel Oeste, e a Rodovia dos Bandeirantes, a partir do entroncamento com o Rodoanel Oeste até os arredores da cidade de Campinas, na altura das estacas 21 e 22.

Nos trechos onde o duto a ser executado se afastar das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos cortes de retaludamento de encostas mais íngrimes e aterros executados nos vales mais encaixados – locais normalmente protegidos pelos serviços de manutenção das rodovias – as obras temporárias de escavação para a implantação da estrutura deverão ser precedidas e acompanhadas visando evitar a instalação de processos erosivos localizados. Posteriormente, nas faixas de concessão mais afastados das obras lineares atuais e que apresentem maiores declividades e litologias propícias à instalação de processos erosivos, deverão ser monitoradas periodicamente.

Os eventuais problemas nesta unidade geotécnica, como os descritos acima, poderão ser verificados em algumas regiões do Rodoanel Oeste e da Rodovia dos Bandeirantes, entre as estacas 11+6.000m e 13+5.000m, e 14+4.000m e 15, principalmente naqueles trechos onde a futura dutovia se afastar das obras viárias existentes.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS RELEVOS CÁRSTICOS E DAS ROCHAS CARBORNÁTICAS

Os terrenos desta Unidade têm ocorrência muito restrita no Planalto. Estão localizadas em Santana de Parnaíba e Cajamar – onde ocorreu o fenômeno de colapso de solo decorrente de um dolinamento em agosto de 1986. De maior interesse para o traçado da futura dutovia, a ocorrência de Cajamar associa-se aos filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, além de metamargas e calcários do Grupo São Roque. Predominam os processos de afundamentos cársticos, com alta suscetibilidade a subsidências (afundamentos lentos) e colapsos (afundamentos bruscos), naturais ou induzidos e potencializados por rebaixamentos acentuados dos níveis potenciométricos dos aquíferos, oscilações frequentes destes níveis, infiltração concentrada de água no solo, cargas elevadas sobre o solo, vibrações, etc..

Com relação ao futuro empreendimento, as áreas delimitadas desta Unidade são identificados a oeste do traçado dos dutos, com a ocorrência mais próxima distando cerca de 4km. Contudo, na região de Jordanésia – lateral à Rodovia Anhanguera – são reconhecidas antigas pedreiras de rochas carbonáticas desativadas, assim como os registros da antiga pedreira do Gato Preto, instalada mais próxima à Rodovia dos Bandeirantes.

Os eventuais processos e problemas relacionados à Unidade são naturalmente reduzidos, dada à rara presença ou mesmo à ausência de rochas carbonáticas na Rodovia dos Bandeirantes, seja como corpos extensos ou ocorrências lenticulares subordinadas e intercaladas aos filitos e calciofilitos, aliada à inexistência de fundações profundas nas obras da dutovia que se caracterizam por escavações rasas, com cerca de 2,0m de profundidade, e do aproveitamento da faixa de domínio da obra viária existente.

De qualquer forma, o trecho crítico a ser considerado para a Unidade envolve o traçado da futura dutovia entre as estacas 15+3.500m e 15+8.000m.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS

Os terrenos da Unidade correlacionam-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam o Planalto, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, deve-se mencionar as dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, e eventuais assoreamento de canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade, as várzeas e travessias dos afluentes das represas Billings e Guarapiranga, dos rios Embu-mirim, Carapicuíba, Tietê, Juqueri, do ribeirão dos Cristais e dos rios Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, além de diversos outros afluentes compreendendo áreas de várzea de menores dimensões.

Deve-se ressaltar que a futura dutovia deverá acompanhar o traçado geral das obras viárias já implantadas nos trechos do Planalto - Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia dos Imigrantes, Rodoanel Sul e Oeste, e Rodovia dos Bandeirantes – onde poderão utilizar as próprias faixas de domínios que apresentam aterros e foram efetuadas trocas de solos moles e obras de contenções nas travessias destas várzeas.

Eventuais problemas decorrentes das etapas de implantação e manutenção da futura dutovia deverão ocorrer localizadamente, junto às travessias de várzeas quando o traçado proposto se afastar da faixa de domínio do viário existente, onde as obras de contenção, de troca de solos moles e execução de aterros sobre as várzeas não ocorreram.

UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS

A Unidade apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

No Planalto a Unidade ocorre associada às colinas da Bacia de São Paulo e não será atravessada pelo traçado da futura dutovia.

Bacia do Paraná

Na Bacia do Paraná são reconhecidos processos importantes do meio físico sendo individualizados terrenos onde predominam erosão com muito alta suscetibilidade com eventuais processos subordinados de suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; terrenos com alta suscetibilidade à erosão e que também podem apresentar suscetibilidade ao colapso de solos como processo secundário; terrenos com média suscetibilidade à contração/expansão ou ao colapso dos solos, terrenos onde predominam os processos de adensamentos de solos moles associados aos depósitos aluviais, e terrenos onde todos os processos do meio físico analisados apresentam baixa suscetibilidade.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

A Unidade constitui terrenos onde predominam os processos de erosão com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos.

Os problemas existentes e/ou potenciais relacionados à erosão abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas, e o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões.

Quanto aos processos secundários verificados, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem os rastejos e escorregamentos de solos nas encostas mais declivosos em geral acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos como corpos de tálus e coluviões, além de escorregamentos de solo pouco frequentes e restritos junto aos poucos trechos escarpados e solapamentos associados à erosão profunda (ravinas, boçorocas). Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Os problemas associados aos processos secundários de expansão/contração dos solos decorrem da variação volumétrica causada por saturação e/ou perda de umidade, devido à presença de argilominerais expansivos nos solos expostos durante a instalação de taludes de corte e, eventualmente, com a exposição de maciços rochosos alterados a ciclos de umedecimento/ressecamento propícios à desagregação superficial ou empastilhamento.

O processo predominante e de interesse para a futura dutovia observado na Unidade correlaciona os substratos constituídos por arenitos com relevo de colinas médias e morrotes e declividades predominantes entre 10% e 20%. Também pode ser constatada ruptura de declive na encosta associada ao forte gradiente hidráulico e ao nível d'água relativamente raso – em torno de 5m –, ou ainda, a ocorrência de nível d'água suspenso e de surgências d'água nas encostas.

Também podem associar-se os terrenos com exposição de raros afloramentos rochosos junto às bordas das mesas basálticas ou sedimentares, ou ainda, terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis ou a ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como descrito nas fácies argilosas do Grupo Passa Dois.

De interesse para as fases de implantação e operação da futura dutovia, destacam-se os trechos de dutos que atravessarão terrenos arenosos associados à Formação Pirambóia, principalmente quando caracterizados processos secundários de movimento de massa ou de contração/expansão ou colapso de solo, que podem potencializar os processos erosivos de muito alta suscetibilidade.

Tal situação poderá instalar-se no período de implantação, caso ocorra exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – naquelas regiões onde predominam pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, onde a remoção da corbertura vegetal expõe o horizonte de solo propiciando a instação de processos erosivos.

Na fase de manutenção do empreendimento em operação, a aplicação de cobertura vegetal na faixa de domínio associada à execução de terraços paralelos às curvas de nível – murunduns – nos trechos mais declivosos, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos terrenos aos processos erosivos predominantes e porcessos secundários atuantes na unidade.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

A Unidade apresenta terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente ocorrem associados terrenos com processos secundários que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo, ou ainda, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra, com formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, intensificados com usos mais intensos e inadequados dos solos onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas.

Durante chuvas intensas, a velocidade de progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários, quando presentes, abrangem recalques na fundação de edificações e obras civis, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional.

Comparados problemas potenciais da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão, os processos do meio físico predominantes na Unidade em avaliação, tendem a ser mais localizados e de menor magnitude

Os processos erosivos poderão instalar-se no período de implantação da futura dutovia, associados à exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – nas regiões com predomínio pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, a partir da remoção da corbertura vegetal e exposição do horizonte de solo erodível.

Na fase de manutenção do empreendimento em operação, a aplicação de cobertura vegetal na superfície principal trabalhada e taludes laterais, e a implantação de terraços – murunduns – paralelos às curvas de nível nos trechos mais declivosos da faixa de domínio, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos solos e mitigar os processos erosivos predominantes, mesmo quando ocorrerem associados os processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou de colapso de solos.

UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE À CONTRAÇÃO/EXPANSÃO OU AO COLAPSO DE SOLOS

A Unidade constitui terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries, ou terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso.

Associada aos processos de contração/expansão dos solos as ocorrências estão correlacionadas à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios (Formação Corumbataí); de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados (Formação Teresina), e de diques ou *sills* de diabásio da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares. Associados aos processos de colapso dos solos são reconhecidos os arenitos finos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento), e as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados à contração/expansão dos solos decorrem da variação volumétrica causada pela presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, resultando em desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão.

Os problemas existentes e/ou potenciais correlacionados ao colapso dos solos abrangem recalques na fundação de edificações e de obras civis, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. As espessuras do solo colapsível normalmente variam de 2 a 7m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20m; solos pedologicamente evoluídos, com alto índice de vazios, e baixos grau de saturação e teor de umidade. Contudo, quando compactado, este material apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações da engenharia civil.

De interesse para a futura dutovia, durante as obras de escavação para a implantação do dutos deve-se procurar evitar a exposição do substrato rochoso alterado e de seus solos derivados aos ciclos de umedecimento/ressecamento, que poderá resultar em desagregação superficial e empastilhamento, permitindo a instalação de instabilização e escorregamentos das paredes escavadas e, eventualmente, evoluir para processos erosivos.

Com relação ao colapso dos solos, durante a implantação da futura dutovia, a ocorrência de chuvas e o direcionamento inadequado das águas superficiais poderão provocar o empoçamento das mesmas nas cavas abertas sobre os solos, levando à redução brusca de volume e recalques no solo submetidos ao umedecimento. Tal situação poderá dificultar o assentamento dos dutos devido às irregularidades no fundo da escavação e ao desmoronamento das paredes escavadas.

Durante a fase de manutenção da dutovia em operação, a aplicação de cobertura vegetal e o escoamento direcionado e satisfatório das águas superficias deverão ser suficientes para evitar a exposição dos solos passíveis de processos de contração/expansão ou de copalso.

UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS

Os terrenos da Unidade correlacionam-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam a Bacia do Paraná, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, deve-se mencionar as dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, e eventuais assoreamento de canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade as várzeas pertencentes aos rios Capivari, Piracicaba, Mogi-Guaçu e Pardo, além de diversos outros afluentes compreendendo áreas de várzea de menores dimensões.

Deve-se ressaltar que a futura dutovia deverá acompanhar o traçado geral da Rodovia dos Bandeirantes no trecho da Bacia do Paraná, entre Campinas e Santa Bárbara d'Oeste, onde poderá utilizar a própria faixa de domínio com seus aterros sobre as travessias de diversos afluentes dos rios Capivari e Piracicaba.

Nas demais regiões da Bacia do Paraná, quando a faixa de domínio da futura dutovia se afastar de obras lineares já implantadas – rodovias secundárias e estradas vicinais asfaltadas – os eventuais problemas decorrentes das etapas de implantação e manutenção da futura dutovia deverão ocorrer localizadamente, junto às travessias das várzeas de córregos e ribeirões mairoes, onde as obras de contenção, de troca de solos moles e execução de aterros sobre as várzeas ainda não foram realizadas ou poderão ser de maior porte, dadas as dimensões do projeto.

UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS

A Unidade apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

Na Bacia do Paraná, as áreas da Unidade atravessadas pela futura dutovia poderão ser monitoradas durante a fase de implantação e, posteriomente, no período de operação do empreendimento. Contudo, como considerado na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, esses terrenos são caracterizados como de baixa suscetibilidade aos diversos processos do meio físico analisados.

10.1.5.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

10.1.5.3.1 Introdução

Os trabalhos desenvolvidos para o diagnóstico da Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento compreenderam as atividades de fotointerpretação geológica e pesquisa bibliográfica, de forma a se obter os dados secundários sobre a área, e reconhecimento geológico-geotécnico de superfície e investigações geológico-geotécnicas de subsuperfície nas áreas dos terminais Guarujá, RMSP (Caieiras), Santa Bárbara, Serrana, Anhembi, Botucatu e Paulínia para a obtenção de dados primários.

Por meio de avaliação de fotografias e imagens aéreas, foram identificadas as diferentes unidades e estruturas geológicas presentes na AID/ADA, e avaliadas as possíveis ocorrências de depósitos de materiais transportados como corpos de tálus e de coluvião; cicatrizes de rupturas e antigos escorregamentos; processos erosivos antigos e atuais; assoreamentos e demais ocorrências naturais ou decorrentes de ação antrópica.

Os estudos regionais e locais já realizados – compreendendo mapeamentos e pesquisas referentes às litologias e parâmetros geotécnicos dos materiais presentes na área – foram pesquisados na bibliografia técnica disponível. Para aferição direta e melhor caracterização das unidades, estruturas geológicas e processos supérgenos, e avaliação das condições de fundação, estabilidade e conservação de taludes naturais e escavados, aterros e drenagem superficial, foi realizado um reconhecimento geológico-geotécnico da AID/ADA.

Os trabalhos foram realizados ao longo das estradas e acessos existentes, percorrendo-se, quando necessário, caminhos, picadas e trilhas, de forma a se inspecionar os taludes naturais, taludes de cortes, aterros, depósitos aluviais presentes na planície, afloramentos de rocha, erosões, assoreamentos, etc., ao longo do traçado e da faixa que compreende o empreendimento. Os dados obtidos são apresentados no mapa geotécnico que constitui o **Anexo 17. IV-7.**

Os materiais representativos das unidades geológico-geotécnicas nas áreas dos terminais foram caracterizados por meio de investigações de superfície assim como em dados de algumas sondagens à percussão realizadas na fase de investigação do terreno. À essas sondagens estão associados dados de SPT para as diversas unidades atravessadas, assim como coleta de amostras de solo a cada metro.

10.1.5.3.2. Unidades Geotécnicas

A descrição dos aspectos geotécnicos da AID/ADA da área compreendida pelo empreendimento, a seguir apresentada, é baseada nas folhas Iguape, São Paulo, Ribeirão Preto e Bauru da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo DCET/IPT (NAKAZAWA ET AL., 1994) e no seu Quadro-legenda com os processos do meio físico mais importantes.

As áreas individualizadas onde concentram-se os processos do meio físico importantes para a previsão do comportamento geotécnico dos terrenos ante seu uso foram compiladas e são apresentadas no Mapa Geotécnico anexo, que constitui o **Anexo 17. IV-7**.

As áreas individuais com processos semelhantes e de interesse ao empreendimento foram separadas na Baixada Santista – representada pelos sedimentos quaternários marinhos e mistos – nas unidades 11, 12, 13, 14 e 15; na Serra do Mar – do topo da escarpa até o limite com os terrenos baixos da baia de Santos e arredores incluindo também os morros e os morrotes isolados presentes na baixada litorânea – nas unidades 4/3 e 5a/3; no Planalto – delimitado na faixa da AID/ADA desde o topo da escarpa da Serra até a região da rodovia dos Bandeirantes e abrangendo os municípios de Vinhedo, Louveira, Itupeva, Jundiaí, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista, Francisco Morato, Franco da Rocha, Cajamar, Caieiras e São Paulo – nas unidades 3/6a, 5a/3 e 15; e Bacia do Paraná – na porção do trecho norte-sul da dutovia desde o município de Campinas até o terminal Serrana e em todo o trecho leste-oeste – nas unidades 1, 1/6a, 1/6b, 1/9, 2, 2/10, 3, 9, 10, 15 e 17.

Baixada Santista

Corresponde à unidade geomorfológica Baixada Santista, e encontra-se delimitada pelas escarpas da Serra do Mar a norte e a nordeste, ou parcialmente protegida ou isolada por morros e morrotes litorâneos reconhecidos entre as cidades do Guarujá e de Cubatão. Na região da Baixada Santista são identificadas na faixa da AID/ADA as unidades 11, 12, 13, 14 e 15.

TERRENOS COM MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES (UNIDADE GEOTÉCNICA 11)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 11 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, onde predominam os processos de adensamento de solos moles, inundações diárias associadas às marés ou inundações pluviais, associados aos depósitos de mangue e pântanos e aos depósitos flúvio-marinhos.

A Unidade 11 correlaciona-se aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés ocupando os terrenos mais baixos e próximos aos canais da Baixada Santista. São reconhecidos na faixa da AID/ADA nas margens do rio Santo Amaro e imediações – estacas 0+7.000m a 1+600m, 1+3.360m a 1+4.700m e imediações da estaca 1+5.900m, a oeste do eixo da dutovia, nas margens do Canal de Bertioga – a partir da estaca 1+9.300m – e se prolongam até a margem esquerda do rio Diana, nos arredores da estaca 2+3.400m, assim como junto às margens e arredores dos rios da Onça e Quilombo no intervalo entre as estacas 3+430m e 3+2.700m, onde ocorrem delimitados pelas serras do Quilombo (ao sul) e do Morrão (ao norte). A Unidade 11 também é verificada nas proximidades do rio Cubatão em contato com a raiz da Serra do Mar, sendo mapeada na rodovia Piaçaguera-Guarujá a partir da estaca 4+700m até a estaca 4+3.700m, aproximadamente.

A Unidade 11 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam muito alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações diárias associadas às marés. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros, assoreamento dos canais dependente das condições da vegetação típica, responsável pela fixação dos sedimentos.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 11 correlacionam o mangue, terrenos baixos e planos, sujeitos a ciclos diários de inundação conforme a variação das marés, sedimentos lamosos com matéria orgânica e restos de conchas e vegetais com intercalações de areia fina, terrenos de baixa capacidade de suporte, apresentando SPT = 0, sedimentos fixados pela vegetação de mangue.

Quanto aos aspectos de uso de solo, nos terrenos da Unidade 11 podem ocorrer estruturas como atracadouros e marinas e habitações subnormais como palafitas, sendo também constatado o avanço do uso urbano/industrial por degradação/aterro do mangue. As áreas da Unidade 11 associadas aos depósitos quaternários de mangue e pântanos são protegidas por lei (preservação permanente).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-1**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 11.



FOTO 10.1.5.3.2-1: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 11 na Baixada Santista – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações diárias associadas às marés – observados na região do cruzamento do Canal de Bertioga com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá, na altura da estaca 2+1.000m.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES E INUNDAÇÕES PLUVIAIS (UNIDADE GEOTÉCNICA 12)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 12 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, onde predominam os processos de adensamento de solos moles, inundações diárias associadas às marés ou inundações pluviais, associados aos depósitos de mangue e pântanos e aos depósitos flúvio-marinhos.

A Unidade 12 correlaciona-se aos depósitos quaternários flúvio-marinhos assentados atualmente além dos locais sujeitos à influência de marés, em terrenos relativamente mais altos – quando comparados aos depósitos de mangue – e em posição intermediária entre os canais e os sopés das encostas de morros litorâneos e das escarpas da Serra do Mar. Ocorre nos arredores de Cubatão – entre as estacas 4+3.700m e 4+6.400m –, nas proximidades e nas margens do rio Moji na região onde esta drenagem cruza a faixa da AID/ADA – entre as estacas 3+2.700m e 3+7.100m –, entre a margem direita do rio Jurubatuba até o contato com as escarpas meridionais da Serra do Quilombo – na altura da estaca 2+6.400m até a estaca 2+7.700m –, em ambas as margens do rio Diana e, principalmente, na sua margem direita – entre as estacas 2+3.000m e 2+4.900m – e uma extensa ocorrência nos terrenos da ilha de Santo Amaro, no município do Guarujá, identificada entre as estacas 1+4.800m e 1+9.300m.

A Unidade 12 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações pluviais. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, decorrentes das dificuldades de escoamento de águas superficiais nestes terrenos, devido à baixa declividade, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem, recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários por adensamento de solos moles, danificação do leito das vias devido à saturação do subleito, assoreamento do sistema de drenagem, acentuando as condições de inundação e comprometendo até mesmo a qualidade das águas das praias adjacentes, e instabilidade das paredes de escavação.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 12 correlacionam os sedimentos flúvio-lagunares e de baía, constituídos por sedimentos argilosos, com intercalações arenosas, com muita matéria orgânica, conferindo-lhes, por vezes, constituição turfosa, terrenos baixos e com declividade inferior a 5% separados das praias por cordões litorâneos, os sedimentos argilosos ocorrem geralmente até a profundidade de 20m, podendo estar aflorando em superfície, nível d'água próximo à superfície ou mesmo aflorante durante boa parte do ano, estabelecendo áreas constantemente encharcadas, solo com baixa capacidade de suporte, apresentando SPT muito baixo (predominantemente menor que 2).

Quanto aos aspectos de uso de solo, os melhores terrenos da Unidade 12 encontram-se esgotados, e a expansão urbana e industrial de parte das cidades litorâneas da Baixada Santista, tem-se dado sobre os terrenos dessa unidade. Contudo, são os terrenos mais problemáticos para a ocupação urbana na baixada litorânea, em parte já ocupados pelas áreas de expansão principalmente na Baixada Santista.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-2**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 12.



FOTO 10.1.5.3.2-2: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 12 na Baixada Santista, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações pluviais – presentes no vale aberto do rio Moji e verificados a partir do viaduto da Rodovia Piaçaguera-Guarujá (arredores da COSIPA), na altura da estaca 3+4.200m.

TERRENOS COM BAIXA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES E INUNDAÇÕES (UNIDADE GEOTÉCNICA 13)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 13 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, onde predominam os processos de adensamento de solos moles, inundações diárias associadas às marés ou inundações pluviais, associados aos depósitos arenosos de praias atuais ou de cordões litorâneos.

A Unidade 13 correlaciona-se aos depósitos quaternários arenosos de praias atuais, e conformam na faixa da AID/ADA, os cordões litorâneos reconhecidos na região do Guarujá – entre as estacas 1 e 1+3.200m - e nos arredores de Vicente de Carvalho, a oeste do eixo da dutovia, entre as estacas 1+7.100m e 1+9.200m.

A Unidade 13 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam baixa suscetibilidade a recalques e inundações. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem aqueles eventuais de fundação ligados principalmente a recalques em edificações de maior porte, devido à presença de camada argilosas normalmente adensadas (sedimentos flúvio-lagunares) em subsuperfície, dificuldade do escoamento das águas superficiais e servidas principalmente nas áreas de cotas mais baixas; enchentes localizadas decorrentes da deficiência no sistema de captação e adução de águas servidas e pluviais, assoreamento e poluição das drenagens e praias ligado à atividade de mineração e retificação de cursos d'água e canais, instabilidade de paredes de escavação na presença do nível d'água, poluição das praias em consequência tanto do lançamento direto de águas servidas quanto de resíduos provenientes de correntes costeiras e de marés.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 13 correlacionam as areias marinhas e praiais, terrenos de baixa declividade constituídos essencialmente por areias pobres em argilas, com ocasionais intercalações argilosas, formação de terraços elevados com cotas maiores que 2m até cerca de 13m acima do nível do mar, antigos cordões litorâneos, depressões areno-turfosas e praias atuais, as depressões areno-turfosas e as porções intercordões contém finas camadas turfáceas, os sedimentos arenosos sob estas camadas podem apresentar cimentação húmica conferindo-lhes maior resistência, em subsuperfície podem ocorrer desde argila normalmente adensada correlata aos sedimentos flúvio-lagunares (SPT = 0), até argilas pré-adensadas denominadas argilas transicionais, e que ocorrem em profundidades maiores que 2m apresentando SPT entre 5 e 25, o que as diferenciam das argilas flúvio-lagunares.

Quanto aos aspectos de uso de solo, os terrenos da Unidade 13, por suas características mais favoráveis, foram os primeiros a serem ocupados, suportando as porções mais antigas e consolidadas da maior parte das cidades litorâneas da Baixada Santista. Constituem os melhores terrenos para a ocupação urbana na baixada litorânea.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-3**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 13.



FOTO 10.1.5.3.2-3: Unidade Geotécnica 13 na Baixada Santista, constituída por areias marinhas e praiais – onde ocorrem processos de inundações e adensamento de solos moles, e baixa suscetibilidade a recalques – caracterizada no Guarujá e nos arredores de Vicente de Carvalho.

TERRENOS COM MÉDIA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES DIFERENCIAIS E A IMPACTOS POR ESCORREGAMENTOS (UNIDADE GEOTÉCNICA 14)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 14 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas, onde predominam depósitos colúvio-eluvionares e de tálus no sopé das escarpas da Serra do Mar e em trechos serranos dos morros litorâneos, sujeitos a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos.

A Unidade 14 correlaciona-se aos sedimentos quaternários continentais indiferenciados, que incluem sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de tálus. Constitui terrenos situados junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar, na transição dos trechos serranos para os de baixada. Na faixa da AID/ADA, é identificada como um corpo mais extenso entre morros e morrotes isolados e a porção meridional da Serra do Quilombo, nas proximidades do rio Jurubatuba e, principalmente, a leste-nordeste da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, sendo reconhecida entre as estacas 2+4.900m e 2+7.700m, aproximadamente.

A Unidade 14 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam média suscetibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem impactos pela deposição de materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, recalque diferencial em fundações parcialmente apoiadas em blocos e matacões, dificuldade na implantação de infra-estrutura subterrânea, rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de erosão ou de cortes, e instabilização de depósitos de tálus por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamento de solos moles descritos na Unidade 14 correlacionam sedimentos continentais do sopé de encostas de escarpas serranas; faixas abrangendo o sopé das encostas e áreas da baixada adjacente, situadas imediatamente abaixo de zonas potencialmente instáveis; ocorrência de blocos, tanto em superfície quanto em profundidade, envolvidos por matriz areno-argilosa (cones de dejeção); e depósitos de tálus representados por corpos altamente instáveis.

Quanto aos aspectos de uso de solo, os terrenos da Unidade 14 são interceptados por obras lineares (estradas, dutos, etc.) em toda a faixa litorânea do Estado de São Paulo. No município de Cubatão, a ocupação está representada essencialmente por indústrias do Pólo Petroquímico, até mesmo com riscos de danificação por movimentos de massa nas encostas a montante.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-4**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 14.



FOTO 10.1.5.3.2-4: Unidade Geotécnica 14, associada aos depósitos colúvio-eluvionares e corpos de tálus identificados no sopé de encostas – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e média suscetibilidade a recalques diferenciais e impactos por escorregamentos – demarcada na faixa da AID/ADA a sudeste da Serra do Quilombo, entre as estacas 2+4.900m e 2+7.700m.

TERRENOS COM ALTA SUSCETIIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 foi denominada Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais, onde predominam terrenos associados aos depósitos aluviais quaternários de calhas dos rios e ribeirões maiores sujeitos a processos de inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

A Unidade 15 correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam as áreas da baixada litorânea, e são reconhecidos imediatamente associados preferencialmente à Unidade 11 (depósitos de mangue e pântanos) e/ou à Unidade 12 (depósitos flúvio-lagunares e de baías). As principais calhas de drenagens presentes na Baixada Santista onde são verificados os terrenos que constituem a Unidade 15 são as dos rios Perequê – entre as estacas 3+7.200m e 4+700m –, Moji – altura das estacas 3+4.500m e 3+7.000m –, e Quilombo – altura da estaca 3+800m, os dois útimos a montante dos limites da faixa da AID/ADA da dutovia.A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água e estruturadas com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, com exceção de algumas drenagens maiores – como observado em parte da calha do rio Perequê, que se encontra mais próxima à raiz da Serra do Mar em vales mais encaixados, a maioria dos terrenos da Unidade 15 nas cidades da baixada litorânea, encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-5**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 15, identificada na Baixada Santista.



FOTO 10.1.5.3.2-5: Unidade Geotécnica 15 na Baixada Santista, associada aos depósitos recentes das calhas dos rios – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios – presente na faixa da AID/ADA junto ao rio Cubatão.

Serra do Mar

Corresponde à unidade geomorfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos. Encontra-se em contato e intercalada com os sedimentos quaternários marinhos e mistos da Baixada Santista entre as estacas 0+6.400m e 4+6.000m, e faz contato com a unidade 3/6a do Planalto na altura da estaca 4+7.900m. No trecho Serra do Mar – onde encontra-se instalada a faixa da AID/ADA – podem ser reconhecidas as unidades 4/3 e 5a/3.

TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSSA (NATURAIS E INDUZIDOS) E DE ALTA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 4/3)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 4/3 integra a Unidade Geotécnica com Alta e Muito Alta Suscetibilidade a Escorregamentos e Alta Suscetibilidade a Processos Erosivos Secundários em que predominam terrenos onde se destacam os processos de movimentos de massa, com processos de erosão subordinados. A suscetibilidade desses terrenos é muito alta ou alta aos movimentos de massa (escorregamentos naturais e/ou induzidos), e alta aos processos secundários de erosão. Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

A Unidade 4/3 faz contato com as unidades da Baixada Santista, e com a unidade 3/6a do Planalto. Constitui em grande parte as escarpas das serras do Mar, do Morrão e do Quilombo, além de morros e morrotes isolados identificados a norte do Canal de Bertioga até a raiz da Serra do Mar. É reconhecida na faixa da AID/ADA entre as estacas 2+1.200m (Canal de Bertioga) e 4+5.600m (raiz da Serra do Mar) e tem continuidade como a escarpa da Serra do Mar até a altura das estacas 4+6.000m a 4+7.800m no trecho que ocorre em contato com a unidade 3/6a do Planalto.

A Unidade 4/3 associa-se, sobretudo, com as rochas migmatíticas e gnáissicas do Complexo Costeiro, assim como com as rochas granitóides intrusivas neste ou, ainda, à Zona de Cisalhamento de Cubatão e aos xistos, filitos/filonitos e quartzitos subordinados do Complexo Embu.

A Unidade 4/3 constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade a processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de massa.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem rastejo generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos. São fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, como desmatamentos, movimentos de terra e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Ainda de acordo com o referido quadro-legenda, os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 4/3 correspondem à ocorrência de relevo em escarpas com amplitudes de centenas de metros, associadas às rochas do embasamento cristalino (filitos, xistos, gnaisses, granitos, migmatitos, etc), encostas de perfil predominantemente retilíneo e com declividades superiores a 30º, solos superficiais (horizontes A e B pedológicos) argilosos, muito rasos, com espessuras máximas em torno de 1m, ou mesmo ausentes, solos de alteração/saprolito siltosos, cor variegada, de espessura variável, raramente ultrapassando 5m ou completamente ausentes (afloramentos rochosos), afloramentos rochosos relativamente frequentes, associados aos setores de encostas com declividade superior a 45º, e depósitos detríticos de encosta (coluviões e tálus) frequentes e associados aos setores mais suavizados.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 4/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, ás vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 4/3 na região da Serra do Mar apresenta predominância absoluta da cobertura vegetal arbórea (remanescentes da Mata Atlântica), vias de ligação importantes, tais como a rodovia Anchieta, as ferrovias Santos-Jundiaí, dutovias (água, gás, petróleo e derivados), linhas de transmissão, etc, ocupação urbana incipiente mas crescente em alguns pontos junto à Baixada Santista, e ocupação industrial importante junto ao sopé da escarpa da Serra do Mar em Cubatão (Pólo Petroquímico).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-6**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 4/3, identificada na Serra do Mar.



FOTO 10.1.5.3.2-6: Unidade Geotécnica 4/3 na Serra do Mar, contendo rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, rochas granitóides, por vezes afetadas pela Zona de Cisalhamento de Cubatão, e onde ocorrem processos predominantes associados aos movimentos de massa, tendo como processos secundários aqueles associados à erosão.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (NATURAIS E INDUZIDOS) COM RELEVO DE MORROS COM SERRAS RESTRITAS, SERRAS ALONGADAS E MONTANHAS, CONSTITUÍDOS POR ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO, E DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 5A/3)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 5a/3 integra a Unidade Geotécnica com Alta e Muito Alta Suscetibilidade a Escorregamentos e Alta Suscetibilidade a Processos Erosivos Secundários em que predominam terrenos onde se destacam os processos de movimentos de massa, com processos de erosão subordinados. A suscetibilidade desses terrenos é muito alta ou alta aos movimentos de massa (escorregamentos naturais e/ou induzidos), e alta aos processos secundários de erosão. Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

A Unidade 5a/3 associa-se com os morros litorâneos, sendo reconhecida no município do Guarujá, na sua extremidade sudoeste, região do morro da Barra – entre as estacas 0+6.400m e 0+7.000m, aproximadamente, se estendendo até a altura da estaca 1 exclusivamente a sul do eixo da dutovia – e no morro do Botelho, identificada entre as estacas 1+1.150m e 1+4.000m, a sul e leste do eixo da dutovia.

A Unidade 5a/3 constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros com serras restritas, serras alongadas, e montanhas no domínio das rochas cristalinas, encostas com perfil predominantemente retilíneo e declividades superiores a 20º, solos superficiais argilosos com espessura em torno de 1m, solos de alteração siltosos e de cor variegada com espessuras da ordem de 5-15m, depósitos detríticos (coluviões e tálus) apenas a jusante dos setores mais íngremes e de maior amplitude da encosta, afloramentos rochosos pouco frequentes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, ás vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, destaca-se o crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, induzindo aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Observa-se, também, assentamento urbano carente de infra-estrutura e ocupação urbana frequentemente realizada sem critérios ou, na melhor das hipóteses, com critérios estabelecidos para as áreas mais favoráveis, de urbanização mais antiga. De modo geral, as cidades localizadas na Unidade 5a/3 tendem a apresentar problemas associados aos movimentos de massa cada vez mais frequentes e intensos decorrentes do esgotamento dos melhores terrenos e a consequente expansão sobre terrenos cada vez mais declivosos e instáveis, como verificados nas áreas dos morros do Guarujá.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-7**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 5a/3, identificada na Serra do Mar.



FOTO 10.1.5.3.2-7: Unidade Geotécnica 5a/3 na Serra do Mar, contendo rochas do embasamento cristalino e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados.

Planalto

Os terrenos agrupados no Planalto incluem o Planalto Paulistano/Alto Tietê e o Planalto de Jundiaí, conformados sobre rochas do embasamento cristalino, além do Planalto de São Paulo, associado aos depósitos paleógenos da Bacia de São Paulo, com ocorrências bastante restritas nesta faixa de estudo da AID/ADA. As unidades geotécnicas do Planalto são reconhecidas desde a região da Represa do Rio das Pedras, em contato com a escarpa da Serra do Mar na altura da estaca 4+7.800m, e ocupam a faixa da AID/ADA junto e nos arredores da Rodovia dos Imigrantes e por toda a extensão dos trechos sul e oeste do Rodoanel Mário Covas até as proximidades de Perus no entroncamento com a Rodovia dos Bandeirantes, na altura da estaca 14+5.000m, bem como os municípios de Jundiaí, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista, Louveira, Vinhedo e Campinas, até a altura da estaca 21+1.300m. Nos terrenos do Planalto, na faixa da AID/ADA, são reconhecidas as unidades geotécnicas 5a/3, 3, 3/6a, e 15, descritas a seguir.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (NATURAIS E INDUZIDOS) COM RELEVO DE MORROS COM SERRAS RESTRITAS, SERRAS ALONGADAS E MONTANHAS, CONSTITUÍDOS POR ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO, E DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 5A/3)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 5a/3 integra a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa, que ocorre de forma subordinada no Planalto, na porção oeste/noroeste e em parte na porção nordeste do Planalto Paulistano, assim como na região dos afluentes e nas margens da região norte do reservatório da Represa Billings, entre os municípios de Diadema e Mauá. Esses terrenos estão associados aos migmatitos e gnaisses do Complexo Embu e às rochas granitóides nele intrusivas, estando representados de forma subordinada na região de Diadema.

A Unidade Geotécnica 5a/3 ocorre ainda, na altura das estacas 17 a 18, a sudoeste do traçado da dutovia, onde está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova, e na região metropolitana de São Paulo, a sul e sudeste da estaca 17, onde afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além de rochas granitóides intrusivas.

A Unidade 5a/3 ocorre delimitada no Planalto na região da represa Billings – entre as estacas 7+2.600m e 7+6.900m – e a norte do rio Tietê até as proximidades do entroncamento do Rodoanel Mário Covas com a Rodovia dos Bandeirantes – entre as estacas 13+5.700m e 14+4.400m. É identificada, também, a sudeste do rio Juqueri, entre as estacas 15+700m e 16+8.000m, aproximadamente, e no intervalo das estacas 17+3.800m a 18+800m.

Do ponto de vista geológico, a Unidade 5a/3 tem estreita correlação com as rochas cristalinas do embasamento. Na região localizada na margem norte da Represa Billings ocorrem os migmatitos e gnaisses do Complexo Embu e rochas granitóides do Maciço Granitóide Três Lagos, enquanto que entre as estacas 13+5.700m e 16+8.000M, região metropolitana de São Paulo, afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além dos granitos Tico-Tico e Cantareira. Na altura das estacas 17+3.800m a 18+800m, no município de Jundiaí, está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova.

Relacionados ao Grupo Serra do Itaberaba, são identificados principalmente os xistos bandados (micaxistos/metarenitos) da Formação Morro da Pedra Preta, além dos xistos porfiroblásticos e *metacherts* da Formação Nhanguçu, enquanto que o Grupo São Roque está representado por sericita filitos, quartzo filitos, microconglomerados, metarenitos e metagrauvacas da Formação Estrada dos Romeiros, por metarenitos arcoseanos, metassiltitos, metarcóseos, metagrauvacas e quartzitos da Formação Boturuna, e por filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, metamargas, calcários, além de anfibolitos, metacalcários, metadolomitos e calciossilicáticas subordinados, da Formação Pirapora do Bom Jesus (CPRM, 1999).

A Unidade 5a/3 constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros com serras restritas, serras alongadas, e montanhas no domínio das rochas cristalinas, encostas com perfil predominantemente retilíneo e declividades superiores a 20º, solos superficiais argilosos com espessura em torno de 1m, solos de alteração siltosos e de cor variegada com espessuras da ordem de 5-15m, depósitos detríticos (coluviões e tálus) apenas a jusante dos setores mais íngremes e de maior amplitude da encosta, afloramentos rochosos pouco frequentes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, ás vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, nas cidades da região metropolitana, destaca-se o crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, induzindo aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Observa-se, também, assentamento urbano carente de infra-estrutura e ocupação urbana frequentemente realizada sem critérios ou, na melhor das hipóteses, com critérios estabelecidos para as áreas mais favoráveis, de urbanização mais antiga. De modo geral, os trechos urbanos localizados na Unidade 5a/3, como reconhecido na faixa da AID/ADA no trecho a norte do rio Tietê até a Rodovia dos Bandeirantes e, notadamente, na região do Morro Doce, nos arredores da Rodovia Anhanguera – tendem a apresentar problemas associados aos movimentos de massa cada vez mais frequentes e intensos decorrentes do esgotamento dos melhores terrenos e a consequente expansão sobre terrenos cada vez mais declivosos e instáveis.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-8** e **10.1.5.3.2-9**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 5a/3 identificada no Planalto.



FOTO 10.1.5.3.2-8: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto na região da Represa Billings, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas granitóides e gnaisses e migmatitos do Domínio Embu – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados.



FOTO 10.1.5.3.2-9: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto a norte do rio Tietê, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba e rochas granitóides do Domínio São Roque – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 3)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3 é parte da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão, que ocupa grandes extensões do Planalto, desde a escarpa da Serra do Mar até a porção sul de Campinas, e constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão apresenta alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Frequentemente ocorrem processos de movimento de massa subordinados associados, caracterizados por média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

A Unidade Geotécnica 3 se encontra delimitada de forma subordinada nos terrenos do Planalto, sendo reconhecida na faixa da AID/ADA unicamente a sul do rio Tietê nas áreas mais altas em ambas as margens do córrego Carapicuíba – entre as estacas 12+3.400m e 13+700m – onde ocorre em parte recoberta pela várzea do rio Tietê.

A Unidade 3 correlaciona-se com as rochas granitóides e xistos do Domínio Embu e, de forma subordinada, com os depósitos paleógenos da Bacia de São Paulo nas proximidades da confluência do córrego Carapicuíba com o rio Tietê.

A Unidade 3 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão sobre solos superficiais pouco significativa, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodívies, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, e nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 3 associa-se com áreas de expansão urbana da região de Carapicuíba e Osasco. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados na Unidade 3 são comuns nas cidades da região metropolitana da cidade de São Paulo, e tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes – granitóides, xistos e arenitos – na faixa da AID/ADA e que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

A seguir são apresentadas as **Foto 10.1.5.3.2-10** e **10.1.5.3.2-11** ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 3, identificada no Planalto Paulista.



FOTO 10.1.5.3.2-10: Unidade Geotécnica 3 reconhecida no Planalto nos terrenos mais altos que ocorrem nos arredores e parcialmente recobertos pela várzea do rio Carapicuíba – associada às rochas do embasamento cristalino e, de forma subordinada, aos sedimentos paleógenos. Unidade onde predominam os processos de erosão.



FOTO 10.1.5.3.2-11: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Região daestaca 20+500m. Município de Campinas.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C E DE MÉDIA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE MOVIMENTOS DE MASSA (EXCLUSIVAMENTE INDUZIDOS) EM TERRENOS COM RELEVO DE MORROS E MORROTES E SUBSTRATO CONSTITUÍDO POR ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO (UNIDADE GEOTÉCNICA 3/6A)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3/6a é parte da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão, que ocupa grandes extensões do Planalto, desde a escarpa da Serra do Mar até a porção sul de Campinas, e constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão apresenta alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Frequentemente ocorrem processos de movimento de massa subordinados associados, caracterizados por média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

A Unidade 3/6a ocupa a maior parte da área dos terrenos do Planalto, sendo reconhecida em contato com a escarpa da Serra do Mar – na altura da estaca 4+7.800m – até os arredores de um dos braços meridionais da Represa Billings – na região da estaca 7+2.450m; ocupando extensos terrenos na região das represas Billings e Guarapiranga e em continuidade até as porções montantes da várzea do córrego Carapicuíba – desde a altura da estaca 7+8.400m até a 12+5.700m – ou seja, identificada de forma contínua na faixa da AID/ADA, por uma extensão de aproximadamente 47km. É ainda reconhecida a norte do rio Tietê – entre as estacas 13+2.600m e 13+5.750m – e na região do entroncamento do Rodoanel com a Rodovia dos Bandeirantes, a partir da estaca 14+4.400m até a margem esquerda do rio Juqueri, imediações da estaca 15, abrangendo parte dos municípios de São Paulo e Caieiras. Ocorre, também, de forma quase contínua, no intervalo das estacas 16+7.800m até 20+200m, ocupando parte dos municípios de Itupeva, Vinhedo, Louveira, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista e Jundiaí.

A Unidade 3/6a correlaciona-se com as rochas granitóides dos domínios Embu e São Roque e com os xistos, migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, desde a escarpa da Serra do Mar até as imediações da estaca 13+5.750m. Em São Paulo e Caieiras, a Unidade 3/6a está correlacionada com rochas metamórficas diversas dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, enquanto que a noroeste da estaca 16+7.800m tem estreita correlação com os gnaisses peraluminosos migmatizados, intercalados com granada-biotita gnaisses, gonditos, calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos, micaxistos, sillimanita-biotita xistos e xistos básicos do Complexo Piracaia.

A Unidade 3/6a constitui terrenos onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra, além de média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão pouco significativa sobre solos superficiais, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários – média suscetibilidade a escorregamentos – existentes e/ou potenciais são os rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), localizados principalmente a jusante de compartimentos de alta e muito alta suscetibilidade. Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimentos de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 3/6a correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodívies, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 3/6a correlacionam o relevo de morros e morrotes no domínio das rochas do embasamento cristalino, encostas com perfil predominantemente convexo, com declividades mais frequentes entre 15% e 30%, solos superficiais argilosos com espessuras médias em torno de 1m, e solos de alteração siltosos, eventualmente micáceos, com espessuras da ordem de dezenas de metros.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 3/6a contém boa parte das áreas de expansão urbana da região metropolitana da cidade de São Paulo. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antiga.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-12** a **10.1.5.3.2-14**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 3/6a, identificada no Planalto.



FOTO 10.1.5.3.2-12: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida nos terrenos do Planalto – na região da Represa do Rio das Pedras e Rodovia Anchieta – associada às rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados.



FOTO 10.1.5.3.2-13: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida do Planalto – a sudeste da Represa do Guarapiranga com ocorrência de micaxistos do Complexo Embu – onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados.



FOTO 10.1.5.3.2-14: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida no Planalto – na região dos terrenos relativamente elevados e conformados sobre rochas metamórficas do Complexo Embu e intrusivas granitóides associadas e que margeiam a várzea do rio Embu-mirim – onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados.

TERRENOS COM ALTA SUSCETIIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 integra a Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais, correlacionada aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam os terrenos do Planalto. As principais drenagens presentes no Planalto são os rios Juqueri e afluentes, como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha; os rios Pirajussara, Tietê e Pinheiros, principalmente nos municípios de São Paulo, Osasco, Carapicuíba e Taboão da Serra, bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; aquelas drenagens que deságuam nos reservatórios da Guarapiranga e Billings, assim como as cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do rio Tamanduateí. Desde a porção noroeste da região metropolitana de São Paulo até os arredores de Campinas, destacam-se os rios, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, que cruzam a AID nas direções NW-SE e WNW-ESE.

As principais drenagens presentes no Planalto são as do Tietê, Carapicuíba e Embu-Mirim – entre as estacas 10+1.300m e 13+3.800m –, e corpos menores associados às drenagens que deságuam nos reservatórios Guarapiranga e Billings – entre as estacas 7+4.500m e 10+700m. A noroeste do entroncamento do Rodoanel Mário Covas com a Rodovia dos Bandeirantes, destacam-se os rios Capivari (estacas 19+5.400m a 20+6.200m), Jundiaí e Jundiaí-Mirim (estacas 16+6.400m até 19+700m); bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; além do rio Juqueri e afluentes (estacas 13+6.200m a 16+2.550m), como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha.

A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 no Planalto correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, estruturadas com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade 15 associados ao rio Tietê e parte do rio Carapicuíba e, de forma subordinada, ao rio Embu-Mirim na faixa da AID/ADA, bem como nas demais cidades de médio e grande porte, de modo geral, encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

Deve-se ressaltar que parte das várzeas dos rios Carapicuíba e Embu-Mirim, na região do Trecho Sul do Rodoanel – e que no futuro irá abrigar a dutovia – serão transformados em parques e seus terrenos considerados áreas de proteção ambiental.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-15** e **10.1.5.3.2-16**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 15, identificada no Planalto.



FOTO 10.1.5.3.2-15: Unidade Geotécnica 15 reconhecida nos terrenos do Planalto associada às várzeas das drenagens que modelam os terrenos na região – vista parcial da planície de inundação do rio Embu-Mirim – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.



FOTO 10.1.5.3.2-16: Ocorrência restrita da Unidade Geotécnica 15 reconhecida no Planalto, associada a uma drenagem secundária atravessada pelo Trecho Sul do Rodoanel. Nestes locais – previamente à implantação dos aterros do Rodoanel – podiam ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo que tais locais apresentavam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

Bacia do Paraná

Na Bacia do Paraná são reconhecidos processos importantes do meio físico, sendo individualizados terrenos onde predominam muito alta suscetibilidade à erosão com eventuais processos subordinados de suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; terrenos com alta suscetibilidade à erosão e que também podem apresentar suscetibilidade ao colapso de solos como processo secundário; terrenos com média suscetibilidade à contração/expansão ou ao colapso dos solos; terrenos onde predominam os processos de adensamentos de solos moles associados aos depósitos aluviais, e terrenos de baixa suscetibilidade aos processos do meio físico analisados.

A Bacia do Paraná tem início no extremo sul do Município de Campinas e se estende até o terminal Serrana, bem como por todo o trecho leste-oeste do traçado.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 3)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3 está incluída na Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão, constituída por terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente ocorrem associados terrenos com processos secundários que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

A Unidade 3 contorna toda a área de ocorrência da Unidade 1 e estabelece o limite entre o Planalto e a Depressão Periférica. O traçado do empreendimento intercepta a Unidade 3 desde as imediações da estaca 20, aproximadamente, até a estaca 21+1.300m, em Campinas, e também em Descalvado, ao longo da margem direita do ribeirão do Pântano, entre as estacas 37+1.300m e 38+6.000m, aproximadamente.

A Unidade 3 correlaciona-se principalmente com os gnaisses peraluminosos migmatizados e (hornblenda)-biotita gnaisses tonalíticos a dioríticos do Complexo Piracaia (CPRM, 1999), na região de Campinas, e com os arenitos das formações Pirambóia e Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral (DAEE/UNESP, 1982) em Descalvado.

Constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão pouco significativa sobre solos superficiais, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos do uso de solo, o assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados na Unidade 3 tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-17** e **10.1.5.3.2-18** referentes à Unidade à Unidade Geotécnica 3 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia na Depressão do Médio Tietê (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-17: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) em terrenos da Depressão do Médio Tietê. Arredores da estaca 21+7.300m. Município de Campinas.



FOTO 10.1.5.3.2-18: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas de topos convexos do Planalto Residual de São Carlos conformadas sobre os arenitos da Formação Botucatu – em transição para arenitos finos da Formação Pirambóia – e rochas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento). Região entre as estacas 37+1.000m e 38+6.500m. Município de Descalvado.

TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS (UNIDADE GEOTÉCNICA 1)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 1 faz parte da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão em que predominam terrenos com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos.

No trecho norte-sul da futura dutovia, a Unidade Geotécnica 1 está presente nos municípios de Campinas, entre as estacas 21+1.300m e 22+7.800m, Limeira, entre as estacas 26+7.600m e 27+8.700m, e desde a estaca 32+2.000m até a altura da estaca 35+6.800m, onde abrange parte dos municípios de Leme, Corumbataí, Santa Cruz da Conceição, Analândia e Pirassununga. Ocupa também ampla extensão no trecho leste-oeste, compreendida nos intervalos entre o terminal Botucatu e a estaca 48, a estaca 48+4.700m e o rio Tietê, as estacas 49+8.000m a 50+700m, 52+2.800m a 53+1.300m, 56+2.400m a 56+8.300m, 57+6.000m a 59+2.000m, em território dos municípios de Anhembi, Piracicaba, Saltinho, Santa Bárbara d'Oeste e Limeira, principalmente.

De acordo com a carta geológica Campinas (CPRM, 1999), e a Folha Bauru (DAEE-UNESP, 1984), a Unidade 1 correlaciona-se com coberturas cenozóicas indiferenciadas representadas por rochas argílicas, siltosas e, mais raramente, por níveis de cascalhos e conglomerados e, principalmente, com as rochas sedimentares permo-carboníferas do Subgrupo Itararé, representado por arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e lamitos nessa região, além de arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, da Formação Pirambóia. Correlações com as formações Irati, composta por folhelhos betuminosos e calcários fossilíferos na seção superior e siltitos e folhelhos com níveis conglomeráticos basais na seção inferior, e Tatuí, constituída por arenitos, siltitos, arenitos calcíferos, siltitos-arenosos e argilosos, também são identificadas no trecho leste-oeste do traçado.

A Unidade 1 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas a partir do desmatamento em cabeceiras de drenagem e de matas ciliares, da concentração do escoamento das águas superficiais em loteamentos e obras viárias sem as medidas de proteção adequadas, e do manejo agrícola não-conservacionista; o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões. As boçorocas, em geral, são ramificadas e de dimensões médias – profundidades médias em torno de 10m.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam substratos constituídos por arenitos; relevo predominante de colinas médias e morrotes; declividades predominantes entre 10% e 20%; ruptura de declive na encosta; solo podzólico vermelho amarelo, com textura areno/argilosa a arenosa/média, com transição abrupta entre horizontes A e B, gradiência textural A/B, horizonte A com estrutura porosa e B com estrutura prismática, drenagem truncada; escoamentos superficial e subsuperficial (hipodérmico) importantes; forte gradiente hidráulico; nível d'água relativamente raso, em torno de 5m; ocorrência de nível d'água suspenso; e surgências d'água nas encostas.

Quanto aos aspectos do uso do solo, a Unidade 1 abrange, na maior parte, áreas de pastagens/campo antrópico, mas também áreas de cultivo, com ocupação industrial mais destacada associada às cidades de maior porte.

A seguir são apresentadas as **Foto 10.1.5.3.2-19** a **10.1.5.3.2-24** referentes à Unidade Geotécnica 1 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos da Depressão do Médio Tietê e do Planalto Residual de São Carlos (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-19: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos da Depressão do Médio Tietê conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Visada para norte. Região das estacas 21+1.000m e 22+8.000m. Rodovia dos Bandeirantes. Município de Campinas.



FOTO 10.1.5.3.2-20: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos amplos (Depressão do Médio Tietê) conformadas sobre rochas sedimentares do Grupo Tubarão. Região das estacas 26+7.000m e 27+9.000m e das estacas 57+7.500m e 59+2.000m. Município de Limeira.



FOTO 10.1.5.3.2-21: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos (Planalto Residual de São Carlos) conformadas em arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região das estacas 32+9.000m e 34+5.500m. Municípios de Corumbataí e Santa Cruz da Conceição.



FOTO 10.1.5.3.2-22: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos da Depressão do Médio Tietê conformadas em arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região das estacas 46 e 48. Município de Anhembi.



FOTO 10.1.5.3.2-23: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos (Depressão do Médio Tietê) esculpidas em arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região das estacas 49+8.000m e 51, e 52+2.000m e 53+1.000m. Municípios de Anhembi, Piracicaba e Rio das Pedras.



FOTO 10.1.5.3.2-24: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos (Depressão do Médio Tietê) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Região das estacas 56+2.000m e 56+8.500m. Município Rio das Pedras.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS (UNIDADE GEOTÉCNICA 2)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 2 está incluída na Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão, constituída por terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente ocorrem associados terrenos com processos secundários que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

No trecho norte-sul da futura dutovia, a Unidade 2 abrange grande parte dos municípios de Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste (estacas 22+8.000m até a altura da 26), Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro, Luiz Antônio, São Simão e Serrana (estaca 36+3.100m até o terminal Serrana). No trecho leste-oeste, a unidade está presente em parte de Piracicaba (estacas 51+700m a 52+2.700m) e Santa Bárbara d'Oeste (estacas 56+8.400m a 56+9.500m).

De acordo com os mapas geológicos do Estado de São Paulo da CPRM (1999) e do convênio Daee-Unesp (1984), a Unidade 2 correlaciona-se a coberturas sedimentares cenozóicas indiferenciadas, que podem representar depósitos aluviais constituídos de areias e argilas, com conglomerados na base, e a rochas sedimentares permo-carboníferas do Subgrupo Itararé, nos arredores do município de Sumaré, que é representado por arenitos finos a grossos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, eventualmente contendo níveis de carvão. Entre Descalvado e Serrana, a unidade 2 tem estreita correlação com as rochas das formações Pirambóia e Botucatu representadas, respectivamente, por arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas, e por arenitos finos a médios com estratificação cruzada de médio a grande porte, localmente contendo arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos. Subordinadamente, ocorrem os basaltos tholeiíticos da Formação Serra Geral.

A Unidade 2 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão e que apresentam alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo (urbano, viário, etc.), bem como a formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, alargando-as e ramificando-as através de *piping* e descalçamento de taludes. Estes problemas são intensificados com usos mais intensos e inadequados dos solos, em áreas de expansão urbana e obras viárias, onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas. Durante chuvas intensas, a velocidade de progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam substratos rochosos areníticos das formações Pirambóia, Itararé e Botucatu, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS E AMARELOS predominantes, com textura média a arenosa, estrutura maciça e porosa, microagregada, e drenagem livre, de média a baixa densidade, com vales abertos. O nível d'água é geralmente profundo (>10 m), e o relevo é predominantemente de colinas amplas, com declividades predominantes entre 0 e 10%.

Quanto aos aspectos corretivos de boçorocas de grande porte, deve-se destacar a necessidade de investigações geológico-geotécnicas em nível de detalhe, para melhor concepção de projetos de recuperação de áreas degradadas pelos ravinamentos supracitados.

Quanto aos aspectos de uso do solo, a Unidade 2 corresponde em maior parte às áreas de cultivos, seguidas das áreas de pastagens/campo antrópico. No trecho da rodovia Anhanguera ocorre franco processo de expansão urbana e importante ocupação industrial, principalmente nas cidades de maior porte como Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste.

A seguir são apresentadas as **Foto 10.1.5.3.2-25** a **10.1.5.3.2-29** referentes à Unidade Geotécnica 1 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos da Depressão do Médio Tietê, do Planalto Residual de São Carlos e do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-25: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos amplos tabulares da Depressão do Médio Tietê, conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé e sedimentos recentes das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Região das estacas 22+8.000m a 25+1.000m. Municípios de Campinas, Hortolândia e Sumaré.



FOTO 10.1.5.3.2-26: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos convexos e às colinas de topos tabulares (Planalto Residual de São Carlos) esculpidas preferencialmente sobre arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região entre a estaca 36+3.500m e 39+7.000m. Município de São Simão.



FOTO 10.1.5.3.2-27: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos tabulares do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, esculpidas em arenitos das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento). Região entre as estacas 39+8.000m e 44. Municípios de São Simão e Cravinhos.



FOTO 10.1.5.3.2-28: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos tabulares do Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) esculpidas em arenitos das formações Pirambóia e Botucatu (Grupo São Bento). Região entre as estacas 39+8.000m e 44. Municípios de São Simão e Cravinhos.



FOTO 10.1.5.3.2-29: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos convexos (Depressão do Médio Tietê) conformadas sobre arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento). Região das estacas 51+1.000m e 52+2.500m. Município de Piracicaba.

TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS COM POSSIBILIDADE DE RECALQUES POR COLAPSO DO SOLO (UNIDADE GEOTÉCNICA 2/10)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 2/10 está incluída na Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão, constituída por terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente ocorrem associados terrenos com processos secundários que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

Na AID/ADA, a Unidade Geotécnica 2/10 ocorre a sul do futuro terminal Santa Barbara e abrange parte da porção central do município de Santa Bárbara d'Oeste, entre as estacas 25+4.800m a 25+7.700m.

Correlaciona-se às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas mapeadas pela CPRM (1999) na folha Campinas, que podem representar depósitos aluviais constituídos de areias e argilas, com conglomerados na base. Sudordinadamente, também estão presentes rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, que é representado por arenitos finos a grosseiros, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, eventualmente contendo níveis de carvão, nos terrenos abrangidos pela unidade 2/10.

A Unidade 2/10 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão, com ocorrência secundária de processos de colapso de solos. A suscetibilidade é tida como muito alta à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, e média relativamente ao processo secundário, de colapso do solo.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo (urbano, viário, etc.), bem como a formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, alargando-as e ramificando-as através de *piping* e descalçamento de taludes. Estes problemas são intensificados com usos mais intensos e

inadequados dos solos, em áreas de expansão urbana e obras viárias, onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas. Durante chuvas intensas, a velocidade de progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários abrangem recalques na fundação de edificações e outras obras civis, tais como barragens, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. Em áreas urbanas, este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos expressivos em redes de água, esgoto e de efluentes industriais diversos, pois a saturação do solo favorece o arraste dos finos nos solos (*piping*), formando cavidades e aumentando a proporção de recalques em superfície. No caso de vazamento em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas e, ainda, quando os efluentes lançados nas redes de esgoto são corrosivos ao material da própria tubulação e reagentes ao solo, como no caso de dispersantes de argila.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 2/10 correlacionam substratos rochosos areníticos das formações cenozóicas, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e AMARELOS predominantes, com textura média a arenosa, estrutura maciça e porosa, microagregada, e drenagem livre, de média a baixa densidade, com vales abertos. O nível d'água é geralmente profundo (>10 m), e o relevo é predominantemente de colinas amplas, com declividades predominantes entre 0 e 10%.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário observado na Unidade 2/10 correlacionam terrenos com maior suscetibilidade nos sedimentos cenozóicos; solos com textura arenosa ou argilosa, dependendo dos materiais de origem; fração argila constituida de argilominerais da família da caulinita e óxidos de ferro e/ou alumínio; espessuras dos solos colapsíveis variável normalmente de 2 a 7 m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20 m; solos pedologicamente evoluídos (com elevado índice de vazios, acima de 0,70) e baixo grau de saturação e teor de umidade; estrutura macroporosa, microagregada, sustentada por cimentação e/ou tensão capilar, capaz de proporcionar ao solo uma resistência adicional temporária; compressibilidade normalmente alta para sua natureza granulométrica, a qual é reduzida a valor normal, quando sua estrutura é destruída; quando ocorre compactação desse material, este apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações na engenharia civil.

Quanto aos aspectos corretivos de boçorocas de grande porte, deve-se destacar a necessidade de investigações geológico-geotécnicas em nível de detalhe, para melhor concepção de projetos de recuperação de áreas degradadas pelos ravinamentos supracitados.

Quanto aos aspectos de uso do solo, a Unidade 2/10 corresponde em maior parte às áreas de cultivos, seguidas das áreas de pastagens/campo antrópico. No trecho da rodovia Anhanguera ocorre franco processo de expansão urbana e importante processo de ocupação industrial, principalmente nas cidades de maior porte, como é o caso do município de Santa Bárbara d'Oeste. No interior do estado, a urbanização tende a ocupar áreas de relevo suave, como topo de colinas e/ou espigões, onde é comum a ocorrência destes solos, com maior suscetibilidade de desenvolvimento dos processos colapsíveis (predomínio de infiltração sobre o escoamento das águas), sendo que os principais usos que aceleram o desenvolvimento desses processos são a rede de infra-estrutura urbana (saneamento e distribuição de água), armazenamento de combustíveis e efluentes químicos, lançamento de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

TERRENOS COM POSSÍVEIS PROBLEMAS DE FUNDAÇÃO E ESTABILIDADE DE TALUDES POR EXPANSÃO/CONTRAÇÃO NOS MATERIAIS DO SUBSOLO (UNIDADE GEOTÉCNICA 9)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 9 integra a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos, constituída por terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries, ou terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso.

Associada aos processos de contração/expansão dos solos as ocorrências estão correlacionadas à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios (Formação Corumbataí); de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados (Formação Teresina), e de diques ou *sills* de diabásio da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares. Associados aos processos de colapso dos solos são reconhecidos os arenitos finos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento), e as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Na AID/ADA da futura dutovia, a Unidade Geotécnica 9 ocorre entre as estacas 28+8.000m e 33 (Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro, Araras, Corumbataí e Leme), enquanto que no trecho leste-oeste ocupa as imediações do terminal Anhembi, desde o rio Tietê até a estaca 49+1.000m, e a porção noroeste do município de Rio das Pedras, entre as estacas 53+5.900m e 55+5.100m.

Em ambos os trechos sua ocorrência está fortemente correlacionada à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios, com laminações plano-paralelas inclinadas contendo estruturas lenticulares e convolutas da Formação Corumbataí, e de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados da Formação Teresina, conforme a carta geológica Campinas (CPRM, 1999) e o Mapa Geológico dpo Estado de São Paulo (CPRM, 2006), sendo observados, subordinadamente, diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros, microdioritos pórfiros e traquitos da unidade Rochas Intrusivas Tabulares e arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas da Formação Pirambóia.

A Unidade 9 constitui terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries (NAKAZAWA ET AL. 1994).

Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da variação volumétrica causada pela presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, pois estes podem sofrer desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão, pode ocorrer desabamento de túneis e basculamento de estruturas em edificações leves (causado por expansões ou retrações diferenciais).

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis; ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como as fácies argilosas da Formação Corumbataí; relevo predominante de morrotes; e solo resultante argilo-siltoso, com gretas de dissecação (principalmente os solos hidromórficos e solos rasos, como cambissolos, brunizéns e litólicos).

Quanto aos aspectos de uso do solo, os problemas relacionados a este fenômeno estão ligados à instalação de taludes viários e aos extensos processos de terraplenagem em áreas de uso habitacional. A Depressão Periférica representa uma das áreas com maior ocupação urbana sobre esta unidade.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-30** e **10.1.5.3.2-31** referentes à Unidade Geotécnica 9 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos da Depressão do Médio Tietê e da Depressão de Mogi-Guaçu (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-30: Aspectos da Unidade Geotécnica 9 associada às colinas de topos amplos tabulares (Depressão do Médio Tietê e Depressão de Mogi-Guaçu), conformadas sobre rochas sedimentares finas da Formação Corumbataí e diabásios da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares. Região das estacas 28+8.000m e 33. Municípios de Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Araras, Corumbataí e Leme.



FOTO 10.1.5.3.2-31: Aspectos da Unidade Geotécnica 2 associada às colinas de topos convexos intercaladas às colinas de topos tabulares (Depressão do Médio Tietê) conformadas sobre rochas sedimentares finas dos grupos Passa Dois (Formação Corumbataí) e Guatá (Formação Tatui) e Rochas Intrusivas Tabulares. Região das estacas 53+5.900m e 55+5.100m. Municípios de Saltinho e Rio das Pedras.

TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS COM POSSÍVEIS PROBLEMAS DE FUNDAÇÃO E ESTABILIDADE DE TALUDES POR EXPANSÃO/CONTRAÇÃO NOS MATERIAIS DO SUBSOLO (UNIDADE GEOTÉCNICA 1/9)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 1/9 integra a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão, em que predominam terrenos com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos.

Na AID/ADA da futura dutovia, a Unidade Geotécnica 1/9 ocorre no trecho leste-oeste, principalmente em Anhembi, entre as estacas 47+4.400m a 47+7.600m, 47+8.700m a 48+4.700m e 49+1.000m a 49+7.800m, em Piracicaba, entre as estacas 50+9.500m a 51+700m e 51+6.200m a 51+7.600m, e em Saltinho, desde a estaca 53+2.600m até a 53+6.100m.

De acordo com mapeamento geológico realizado pela CPRM (1999, 2006) e pelo Daee/Unesp (1984), a unidade 1/9 está correlacionada principalmente com argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos da Formação Teresina, onde são frequentes os níveis de sílex e os calcários oolíticos.

A Unidade 1/9 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão, com processos subordinados de contração/expansão dos solos. O processo predominante apresenta muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, e o processo subordinado apresenta média suscetibilidade à expansão/contração dos solos.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas a partir do desmatamento em cabeceiras de drenagem e de matas ciliares, da concentração do escoamento das águas superficiais em loteamentos e obras viárias sem as medidas de proteção

adequadas, e do manejo agrícola não-conservacionista, o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água por reativação de cabeceiras, através de *piping*, e o assoreamento intenso nos cursos e nos corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões. As boçorocas, em geral, são ramificadas e de dimensões médias – profundidades médias em torno de 10 m.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários são aqueles decorrentes da variação volumétrica causada por saturação e/ou perda de umidade, devido à presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, pois estes podem sofrer desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão, pode ocorrer desabamento de túneis e basculamento de estruturas em edificações leves (causado por expansões ou retrações diferenciais).

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 1/9 correlacionam substratos constituídos por arenitos, relevo predominante de colinas médias e morrotes, declividades predominantes entre 10% e 20%, ruptura de declive na encosta, solo podzólico vermelho amarelo, com textura areno/argilosa a arenosa média, com transição abrupta entre horizontes A e B, gradiência textural A/B, horizonte A com estrutura porosa e B com estrutura prismática, drenagem truncada, escoamentos superficial e subsuperficial (hipodérmico) importantes, forte gradiente hidráulico, nível d'água relativamente raso, em torno de 5 m, ocorrência de nível d'água suspenso, e surgências d'água nas encostas.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário observado na Unidade 1/9 correlacionam terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis; ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como as fácies argilosas das formações Teresina e Corumbataí; relevo predominante de morrotes; e solo resultante argilo-siltoso, com gretas de dissecação (principalmente os solos hidromórficos e solos rasos, como cambissolos, brunizéns e litólicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, o processo predominante da Unidade 1/9 abrange, em sua maior parte, as áreas de pastagens/campo antrópico, e também áreas de cultivo. Com relação à ocupação urbana, predominam cidades de pequeno e médio porte, no entanto, a ocupação industrial mais destacada está associada às cidades de maior porte. Para os processos secundários, os problemas de tal unidade consistem na instalação de taludes viários, bem como nos processos de terraplenagem em áreas de uso habitacional. A Depressão Periférica representa uma das áreas com maior ocupação urbana sobre esta unidade.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.5.3.2-32** e **10.1.5.3.2-33** referentes à Unidade Geotécnica 1/9 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos da Depressão do Médio Tietê (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-32: Unidade Geotécnica 1/9 associada às colinas de topos convexos (Depressão do Médio Tietê) conformadas sobre rochas sedimentares finas do Grupo Passa Dois (Formações Corumbataí e Teresina. Região das estacas 53+2.600m e 53+6.100m. Município de Saltinho.



FOTO 10.1.5.3.2-33: Exposição típica de empastilhamento (contração e expansão do solo) observado nas unidades geotécnicas 9 e 1/9, em geral associadas às rochas sedimenares mais finas (argilitos e siltitos) alteradas dos grupos Passa Dois e Guatá.

TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS E DE MÉDIA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (EXCLUSIVAMENTE INDUZIDOS) EM RELEVO DE ENCOSTAS NÃO-ESCARPADAS, MESAS SEDIMENTARES E MESAS BASÁLTICAS SITUADAS NA BACIA DO PARANÁ (UNIDADE GEOTÉCNICA 1/6B)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 1/6b integra a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão, em que predominam terrenos com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos.

Na faixa da AID/ADA da dutovia, a Unidade Geotécnica 1/6b ocorre em dois segmentos do trecho norte-sul, sendo que o primeiro abrange parte da porção oeste dos municípios de Pirassununga e Santa Cruz da Conceição, e está localizado entre as estacas 34+5.300m e 35+2.440m, e o segundo trecho ocorre na porção sul do município de Descalvado e está localizado no intervalo das estacas 35+6.800m a 36+3.100m.

De acordo com mapeamento geológico realizado pela CPRM (1999), a unidade 1/6b correlaciona-se à Formação Pirambóia, predominantemente, bem como à Botucatu e à Serra Geral. A primeira é representada por arenitos muito finos a médios, eventualmente grossos, contendo estratificações cruzadas e plano-paralelas, enquanto que a Formação Botucatu é composta por arenitos finos a médios com estratificação cruzada de médio a grande porte, localmente contendo arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos, ao passo que a Formação Serra Geral é composta por lavas basálticas tholeiíticas com intercalações de arenitos finos a médios.

A Unidade 1/6b constitui terrenos onde predominam os processos de erosão, com ocorrência secundária de movimentos de massa. Quanto ao primeiro processo, a unidade apresenta muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, enquanto que a suscetibilidade é caracterizada como média para escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas a partir do desmatamento em cabeceiras de drenagem e de matas ciliares, da concentração do escoamento das águas superficiais em loteamentos e obras viárias sem as medidas de proteção adequadas, e do manejo agrícola não-conservacionista, o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água por reativação de cabeceiras, através de *piping*, e o assoreamento intenso nos cursos e nos corpos d'água, principalmente de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões. As boçorocas, em geral, são ramificadas e de dimensões médias – profundidades médias em torno de 10 m.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários são aqueles decorrentes de rastejos nos setores mais declivosos, como cabeceiras de drenagens, escorregamentos de solo pouco frequentes e restritos aos poucos trechos escarpados do compartimento, solapamentos associados a erosão profunda (ravinas, boçorocas) e quedas de detritos associados a erosão diferencial, sendo que estes resultam de processos de instabilização induzidos principalmente por movimentos de terra, mudanças na dinâmica das águas das vertentes e etc., decorrentes da execução de obras viárias.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 1/6b correlacionam substratos constituídos por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, relevo predominante de colinas médias e morrotes, declividades predominantes entre 10% e 20%, ruptura de declive na encosta, solo podzólico vermelho amarelo, com textura areno/argilosa a arenosa média, com transição abrupta entre horizontes A e B, gradiência textural A/B, horizonte A com estrutura porosa e B com estrutura prismática, drenagem truncada, escoamentos superficial e subsuperficial (hipodérmico) importantes, forte gradiente hidráulico, nível d'água relativamente raso, em torno de 5m, ocorrência de nível d'água suspenso, e surgências d'água nas encostas.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário observado na Unidade 1/6b correlacionam terrenos constituídos de relevos residuais e de encostas, não escarpados no domínio das rochas básicas e sedimentares da Bacia do Paraná, encostas com perfil variado, com declividades predominantes entre 10 e 20°, raros afloramentos rochosos junto das bordas das mesas basálticas ou sedimentares.

Quanto aos aspectos de uso de solo, o processo predominante da Unidade 1/6b abrange, em sua maior parte, as áreas de pastagens/campo antrópico, e também áreas de cultivo. Com relação à ocupação urbana, predominam cidades de pequeno e médio porte, no entanto, a ocupação industrial mais destacada está associada às cidades de maior porte.

Para os processos secundários, com relação aos aspectos de uso do solo, predominam cobertura vegetal natural e pastagens, bem como áreas de cultivo em porções mais suavizadas das encostas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-34** referente à Unidade Geotécnica 1/6b reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos do Planalto Residual de São Carlos (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-34: Aspectos da Unidade Geotécnica 1/6b associada às colinas de topos convexos (Planalto Residual de São Carlos) associadas às mesas sedimentares (arenitos da Formação Botucatu) e mesas basálticas (Formação Serra Geral). Exposição entre as estacas 34+5.300m e 35+2.440m, e 35+6.800m a 36+3.100m. Municípios de Corumbataí, Analândia e Santa Cruz da Conceição.

TERRENOS COM POSSIBILIDADE DE RECALQUES POR COLAPSO DO SOLO (UNIDADE GEOTÉCNICA 10)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 10 integra a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Contração/Expansão ou ao Colapso de Solos, constituída por terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries, ou terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso.

Associada aos processos de contração/expansão dos solos as ocorrências estão correlacionadas à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios (Formação Corumbataí); de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados (Formação Teresina), e de diques ou *sills* de diabásio da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares. Associados aos processos de colapso dos solos são reconhecidos os arenitos finos da Formação Pirambóia (Unidade dos Depósitos Arenosos Continentais – Grupo São Bento), e as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Na faixa da AID/ADA da futura dutovia, a Unidade Geotécnica 10 ocorre de forma muito restrita, como uma pequena mancha em Rio das Pedras, imediações das estacas 55+2.500m até 55+6.100m, sempre espacialmente associada à Unidade 17 e em estreita correlação com as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Esta unidade representa os terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem recalques na fundação de edificações e outras obras civis, tais como barragens, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. Em áreas urbanas, este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos expressivos em redes de água, esgoto e de efluentes industriais diversos, pois a saturação do solo favorece o arraste dos finos nos solos (*piping*), formando cavidades e aumentando a proporção de recalques em superfície.

No caso de vazamento em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas e, ainda, quando os efluentes lançados nas redes de esgoto são corrosivos ao material da própria tubulação e reagentes ao solo, como no caso de dispersantes de argila.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – os terrenos com maior suscetibilidade são os sedimentos cenozóicos que recobrem grande parte do interior do Estado; os solos apresentam textura arenosa ou argilosa, dependendo dos materiais de origem; a fração argila constitui-se de argilominerais da família da caulinita e óxidos de ferro e/ou alumínio; as espessuras do solo colapsível normalmente variam de 2 a 7 m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20 m; solos pedologicamente evoluídos, com alto índice de vazios e baixos grau de saturação e teor de umidade; estrutura macroporosa, microagregada, sustentada por cimentação e/ou tensão capilar, capaz de proporcionar ao solo uma resistência adicional temporária; possui compressibilidade normalmente alta para sua natureza granulométrica, a qual é reduzida a valor normal, quando sua estrutura é destruída; quando compactado, este material apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações da engenharia civil.

Quanto aos aspectos de uso do solo, os problemas relacionados a este fenômeno dizem respeito à tendência de ocupação urbana em áreas de relevo suave (p.ex. topo de colinas e/ou espigões) no interior do Estado de São Paulo, onde é comum a presença de solos com maior suscetibilidade ao desenvolvimento de tais processos (predomínio da infiltração sobre o escoamento das águas). Os principais tipos de uso do solo que aceleram o desenvolvimento desses processos são a rede de infra-estrutura urbana (saneamento e distribuição de água), o armazenamento de combustíveis e lançamento de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-35** referente à Unidade Geotécnica 10 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia em terrenos da Depressão do Médio Tietê (Bacia do Paraná).



FOTO 10.1.5.3.2-35: Aspectos da Unidade Geotécnica 10 associada às colinas de topos convexos em transição para colinas de topos amplos tabulares, e que ocorrem associadas aos sedimentos recentes das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Região das estacas 55+2.500m até 55+6.100m. Município de Rio das Pedras.

TERRENOS COM ALTA SUSCETIIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 integra a Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais, correlacionada aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam a Bacia do Paraná, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

Na faixa da AID/ADA do futuro empreendimento, a Unidade Geotécnica 15 correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios, pertencentes às bacias do rio Capivari e Piracicaba, que drenam as áreas da Depressão Periférica, e dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, que drenam o Planalto Ocidental Paulista. As principais ocorrências são identificadas nas estacas 21+6.200m, 30+1.130m a 39+3.000m, 39+6.600m a 39+7.260m, 42+5.200m a 42+9.000m e 44+6.150m ao terminal Serrana.

A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocados pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, estruturados com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos do uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade 15 nas cidades de médio e grande portes encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.5.3.2-36** referente à Unidade Geotécnica 15 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



FOTO 10.1.5.3.2-36 Aspectos da Unidade Geotécnica 15 associada às drenagens que recortam os terrenos da Depressão Periférica, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea de um afluente da margem direita do rio Capivari. Município de Campinas.

UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS (UNIDADE GEOTÉCNICA 17)

A Unidade Geotécnica 17 apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

Na faixa da AID/ADA, a Unidade Geotécnica 17 ocupa extensões expressivas no intervalo das estacas 24 a 32 e 42 ao terminal Serrana, aproximadamente, em território dos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Iracemápolis, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Araras, São Simão, Cravinhos e Serrana, e desde as imediações da estaca 55 até o terminal Paulínia, em território dos municípios de Rio das Pedras, Santa Bárbara d'Oeste, Iracemápolis, Cosmópolis e Paulínia. Também ocorre na forma de manchas menores disseminadas por toda a faixa da AID/ADA da dutovia.

A unidade 17 está correlacionada a Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, que podem representar depósitos aluviais constituídos de areias e argilas com conglomerados na base; rochas sedimentares permo-carboníferas do Subgrupo Itararé, representado por arenitos finos a grosseiros, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, eventualmente contendo níveis de carvão; folhelhos betuminosos, calcários fossilíferos, siltitos e folhelhos com nível conglomerático basal da Formação Irati; arenitos, siltitos, arenitos-calcíferos e intercalações de carvão da Formação Tatuí; siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenito médio, laminações plano-paralelas inclinadas e estruturas lenticulares e convolutas da Formação Corumbataí; diques de diabásio ou sills de diorito pórfiro, lamprófiros, andesitos pórfiros, microdioritos pórfiros e traquitos, denominados Rochas Intrusivas Tabulares; arenitos grossos a muito finos, com estratificação cruzada, diamictitos passando a lamitos-arenosos e siltitos argilosos da Formação Aquidauana; além de basaltos tholeiíticos da Formação Serra Geral, todos pertencentes à Bacia do Paraná (CPRM, 1999; DAEE/UNESP, 1984).

A Unidade 17 constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA ET AL., 1994). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – predominam terrenos colinosos da Bacia do Paraná.

Esta unidade contém as porções mais antigas e consolidadas das áreas urbanas da Bacia do Paraná.

10.1.5.3.3 Propriedades Geotécnicas dos Solos Moles

Resistência ao cisalhamento

Quando se quer analisar a estabilidade de um aterro sobre solos moles, é necessário verificar se sua resistência ao longo de uma superfície teórica de ruptura é suficiente para resistir ao peso que será aplicado. A resistência de um solo no estado em que se encontra, antes de ocorrer qualquer drenagem, é chamada resistência não drenada (s_u). A resistência da argila no seu estado natural depende do índice de vazios (e) e da tensão de pré-adensamento.

Nos solos de consistência muito mole (SPT $\leq$2) a mole (SPT entre 3 e 5), a resistência não drenada (s_u) das camadas superficiais é baixa e crescente com a profundidade. Seu conhecimento é fundamental para os estudos de Engenharia que contemplam a estabilidade de taludes de aterros ou de maciços de materiais granulares sobre solos moles, estabilidade de taludes de escavações, e o dimensionamento e verificação do comportamento de estacas e fundações rasas.

Os parâmetros de resistência dos solos podem ser obtidos por meio de ensaios especiais de laboratório sobre amostras indeformadas, ensaios de campo em diversas profundidades e através de correlações. Em laboratório, são utilizados ensaios de compressão triaxial sobre amostras saturadas, não drenadas e com tensões programadas.

O ensaio de campo mais utilizado para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos é o de palheta ou *vane test*, que utiliza uma palheta de seção em forma de cruz, a qual é cravada em argilas saturadas, de consistência mole a rija e, por rotação, é submetida ao torque necessário para se atingir a ruptura do solo por cisalhamento em condições não drenadas.

Ao analisar a hipotética superfície de ruptura de uma argila mole sob o efeito de um aterro, Bjerrum (1972) mostrou que, ao longo dela, diversas formas de solicitação ocorrem: sob a área carregada, a solicitação é de compressão; na parte inferior, a solicitação corresponde a um cisalhamento simples; e na parte externa, a solicitação é de extensão (aumento da tensão horizontal, correspondente à tensão principal menor). Por isso, a resistência ao cisalhamento não drenada da argila deveria ser determinada para cada tipo de solicitação.

Diante da dificuldade de se realizar os três ensaios citados e visando possibilitar a realização de projetos com base nos valores de coesão obtidos pelo *vane test*, Bjerrum (1973) analisou rupturas em aterros construídos sobre argilas moles em todo o mundo e concluiu que um número considerável de rupturas havia ocorrido em aterros que apresentavam coeficientes de segurança superiores a um, se considerados os valores de coesão fornecidos pelo *vane test*. Nesse estudo, é mostrado o efeito da anisotropia e do tempo na resistência dos solos, e recomendada a utilização de um coeficiente de correção, função do índice de plasticidade (IP), em geral menor do que a unidade (para valores elevados de IP), a ser multiplicado pelo valor da coesão não drenada obtida através do *vane test*, para levar em conta estes fatores.

Também podem ser realizados, no campo, os ensaios de piezocone, cujo princípio é bastante simples, pois consiste de cravação no terreno, com velocidade constante, de uma ponteira cônica que fornece o registro contínuo da resistência à penetração, que é correlacionada à estratigrafia do subsolo, obtida a partir de sondagens.

Através desse ensaio, obtém-se a resistência de ponta (q_c), o atrito lateral (f_s), e diversas correlações para depósitos de argilas moles, inclusive o coeficiente de adensamento radial (C_h), a partir da interpretação dos ensaios de dissipação de pressões neutras geradas durante a cravação do cone no solo. Com base nesses elementos, é possível avaliar os mecanismos de sobreadensamento e como os mesmos interferem nas propriedades geotécnicas das argilas.

A resistência ao cisalhamento (s) dos solos é obtida pela equação:

$s = c' + \sigma'. \text{tg } \varphi'$, onde:

σ' é a pressão normal efetiva, c' é a coesão efetiva e φ' é o ângulo de atrito interno do solo.

Adensamento e compressibilidade

Nas argilas muito moles saturadas, um dos aspectos de maior interesse para a Engenharia Geotécnica é a determinação das deformações devidas a carregamentos verticais na superfície do terreno, ou em cotas próximas a esta. Os recalques decorrentes de tais deformações podem ser de magnitudes consideráveis e prejudiciais às estruturas ou aterros.

Normalmente, os recalques ocorrem de forma lenta, após a aplicação de cargas sobre a superfície do terreno, face à necessidade de saída da água dos vazios do solo que são, em geral, de baixa permeabilidade. Esse processo é conhecido como adensamento e está associado a parâmetros de compressibilidade dos solos moles.

Os parâmetros de compressibilidade podem ser investigados através do ensaio de adensamento realizado em laboratório, que consiste na compressão controlada de uma amostra de solo contida em um molde, sem qualquer deformação lateral. Nesse ensaio, o carregamento é feito por etapas, registrando-se, para cada carga, a deformação em vários intervalos de tempo. O ensaio simula o comportamento do solo quando ele é comprimido, por exemplo, pela ação de novas camadas de solo, ou quando se constrói um aterro sobre o mesmo.

Entre as várias propriedades consideradas no adensamento, tem-se a tensão de sobreadensamento (σ_a), que é a tensão à qual o solo foi submetido anteriormente à tensão atual. A história dos carregamentos nos sedimentos argilosos se manifesta, no ensaio de adensamento, através desta tensão. Quando comparamos a tensão de sobreadensamento com a tensão efetiva atual do solo em estudo, conhecemos um pouco de sua evolução ao longo do tempo.

À relação entre a tensão de sobreadensamento (σ_a) e a tensão efetiva atual, dá-se o nome de razão de sobreadensamento (RSA ou OCR). Às vezes, a tensão de sobreadensamento é igual à tensão efetiva no solo por ocasião da amostragem, ou seja, o solo nunca esteve submetido, anteriormente, a maiores tensões. Nesse caso, o solo é considerado normalmente adensado.

Pode ocorrer, também, da tensão de sobreadensamento ser sensivelmente maior do que a tensão atuante no solo no momento da amostragem, sendo o solo, nesse caso, denominado sobreadensado. Eventualmente**,** a tensão de sobreadensamento obtida no ensaio pode ser inferior à tensão efetiva do solo, estimada com base no perfil geológico, o que pode ocorrer em caso de adensamento devido a carregamentos recentes.

Em função da interpretação da tensão de sobreadensamento, da RSA e das novas tensões a ser aplicadas sobre o terreno – tais como cargas de fundações de edificações, cargas de aterros, etc. – a Mecânica dos Solos dispõe de equações para a estimativa de recalques.

Os parâmetros de compressibilidade obtidos nos ensaios de adensamento – tais como o índice de compressão (C_c), índice de recompressão (C_r) e o coeficiente de compressibilidade (a_v), assim como seu estado natural, definido pelo índice de vazios (e) – influem diretamente no cálculo de recalques, os quais são proporcionais aos carregamentos sobre as argilas e, portanto, variáveis ao longo do período construtivo.

A evolução dos recalques, com o tempo, depende das características dos sedimentos argilosos relacionadas às condições de drenagem das camadas compressíveis, tais como a presença de camadas de areias, que facilitam a expulsão da água do subsolo, e da permeabilidade das argilas.

Através do conhecimento do coeficiente de adensamento (c_v), que é função do coeficiente de compressibilidade (a_v), do coeficiente de permeabilidade (k) e do índice de vazios (e) das argilas, e das condições de drenagem da camada argilosa em estudo, pode-se avaliar a evolução dos recalques com o tempo.

O conhecimento dos parâmetros de compressibilidade dos sedimentos e dos recalques provocados pelos carregamentos devidos às obras e sua evolução com o tempo permitem prever seus impactos e estabelecer medidas para sua mitigação e monitoração, nas diferentes etapas executivas do cronograma de construção e de operação do empreendimento.

10.1.5.3.4 Solos expansivos

O fenômeno da expansividade dos solos, com o consequente aumento no seu volume, ocorre, numa primeira etapa, pela absorção de água através dos poros, seguida pela sua adsorção no interior da estrutura cristalina. Essa segunda etapa se dá nos espaços existentes entre as partículas lamelares de argila, dispostas de forma aproximadamente paralela, carregadas eletricamente.

Quanto mais complexa a estrutura do argilo-mineral, como é o caso das esmectitas, do grupo das montmorilonitas, maior a adsorção e a expansão. Nas argilas com estruturas simples, como as caulinitas e illitas, praticamente não se verifica expansão. Também pode ser maior em função do cátion adsorvido, como é o caso do Na^+ nas montmorilonitas, que aumenta sua expansividade.

Terzaghi descreveu a primeira etapa da expansão, de natureza mecânica, como a ação combinada da tensão superficial da água nos poros do solo e sua elasticidade (VARGAS, 1993). Esse tipo de expansão também se manifesta em solos não expansivos, quando ocorre alívio de tensões por escavação de uma camada de solo, criando-se pressões neutras negativas na água presente nos poros da camada inferior, produzindo sucção. Essa etapa se desenvolve de acordo com as leis mecânicas do adensamento.

A segunda etapa se desenvolve após a sucção, com os coeficientes de expansão proporcionais aos logaritmos do tempo em que o solo permanece se expandindo. Os volumes de água adsorvida crescem com a natureza e porcentagem de argila, e do cátion adsorvido – na prática, representados pelo índice de atividade (IA) do solo – e o tempo necessário para a estabilização da expansão. Nos solos com grandes porcentagens de montmorilonitas sódicas, a adsorção cresce indefinidamente. Também dependem da consistência ou compacidade do material, representadas pelo seu índice de vazios ou massa específica aparente seca, e da estrutura original do solo, cuja importância é pouco conhecida.

Segundo Vargas (1993), o potencial de expansividade de um solo pode ser indicado pelo seu IA, que é sempre superior a 3 nas argilas muito expansivas. Outrossim, por mais ativa que seja uma argila, ela não conseguirá produzir expansão se sua porcentagem for inferior a 15% em relação ao peso de solo seco, pois é possível se estabelecer uma correlação estatística linear entre as pressões de expansão e as massas específicas aparentes secas. No seu estado natural, os solos com argilas do grupo das montmorilonitas não são expansivos, mas quando escavados e recompactados com grau de umidade abaixo da ótima, apresentarão expansão.

Nos reaterros e aterros construídos com solos de elevado potencial de expansividade, eventualmente construídos com grau de umidade abaixo da ótima, o umedecimento pela incidência de chuvas, variações do nível do lençol freático e vazamentos poderá levar à formação de tensões indesejáveis sobre os dutos e ocorrência de trincas na superfície do terreno, criando condições para a instalação de processos erosivos e instabilidades nos taludes.

10.1.5.3.5 Solos colapsíveis

O colapso de um solo consiste numa redução abrupta de volume, provocada por um desarranjo na sua estrutura interna, quando o mesmo está suportando uma carga e ocorre um aumento de umidade por oscilação do lençol freático ou vazamento. Quando a resistência da ligação entre as partículas se reduz com o umedecimento do solo, ela atinge um valor inferior às tensões cisalhantes e se rompem, com a consequente redução de volume, em função dos vazios que permeiam a estrutura. Essa redução de volume de vazios depende das tensões aplicadas e do estado inicial do solo antes do colapso, que definem a magnitude da subsidência.

Esse fenômeno se observa em solos porosos e muito estruturados de sedimentos cenozóicos representados por coluviões, e mesmo em solos residuais granulares de bacias sedimentares e rochas do cristalino, que por apresentar esse comportamento nos ensaios edométricos são ditos colapsíveis.

Vilar (1979), realizando ensaios edométricos em amostras indeformadas de coluvião arenoso da região de São Carlos, observou a ocorrência de colapso quando as amostras foram inundadas sob tensões constantes inferiores a 100kPa. Acima desse carregamento e em amostras saturadas sem aplicação de carga, não foi registrado colapso.

Conforme relatado por Giacheti et al. (1993) e Albiero et al. (1993), diversos autores como Silveira e Silveira (1958), Reginato e Ferrero (1973), Vargas (1978), Lima Sobrinho (1983), Mellios (1985), Vilar et al. (1985), Ferreira e Monteiro (1985), Lobo (1991), Teixeira (1993) e outros pesquisadores, registraram a ocorrência de colapsividade nos solos do interior de São Paulo.

Vargas (1993) relata a colapsividade de solos do Grupo Tubarão na região de Campinas, em ensaios de adensamento realizados sobre amostras de solo residual de argilito. Observou que a colapsividade se manifesta em solos com expansividade potencialmente elevada, desde que os mesmos apresentem densidade específica seca alta. Quando a massa específica é baixa, manifesta-se a expansividade.

A aplicação de cargas sobre solos colapsíveis, pelo assentamento de dutos, reaterros, aterros e estruturas, seguida de umedecimento pela incidência de chuvas, variações do nível do lençol freático ou vazamentos, acarretará na ocorrência de subsidências de caráter localizado no terreno, com deslocamentos da dutovia e o consequente risco de rupturas e vazamentos. As depressões formadas irão provocar alterações na drenagem superficial, com a criação de empoçamentos de água e instalação de eventuais processos erosivos.

10.1.5.3.6 Indução de corrente elétrica no subsolo

Estruturas metálicas enterradas em solos agressivos – representados por argilitos, siltitos, argilas orgânicas e turfas, geralmente com baixo pH e baixa resistividade – induzem a formação de correntes elétricas e ficam sujeitas à corrosão eletrolítica. Trata-se de processo espontâneo, passível de ocorrência quando o metal fica em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, as reações anódicas e catódicas.

A corrosão eletrolítica é um processo eletroquímico não espontâneo, provocado por correntes de fuga decorrentes do enterramento de dutos e outros elementos metálicos, com falta de isolamento ou deficiências no mesmo. Quando instalada em dutos e outras estruturas metálicas, provoca vazamentos, saturação do subsolo e deterioração de blocos de ancoragem, além dos riscos inerentes aos produtos transportados, como é o caso do etanol.

A presença dos dutos no subsolo deverá induzir, portanto, a formação de correntes elétricas nos trechos de solos agressivos ao longo da faixa onde os mesmos serão enterrados. Para a proteção da tubulação contra a corrosão podem ser realizadas trocas de solo, envelopamentos, utilização de ligas metálicas e pinturas especiais, e proteção catódica.

Solos potencialmente agressivos, representados por argilas orgânicas e turfas, poderão ser interceptados pela dutovia nas planícies aluviais dos rios Jurubatuba, Quilombo e Cubatão na faixa litorânea; Tietê, Pinheiros, Atibaia, Mogi-guaçu, Capivari, Jaguari e Jarinú no Planalto Atlântico, Planalto Paulista, Planalto de Jundiaí e Depressão Periférica; e Piracicaba, afluentes do Corumbataí, Mogi-guaçu e Pardo no Planalto Ocidental Paulista. Processos de corrosão eletrolítica também poderão ocorrer nos trechos de alguns argilitos e siltitos do Grupo Tubarão, mas em menor intensidade.

10.1.5.3.7 Parâmetros geotécnicos dos solos

Sedimentos da Baixada Santista

As características geotécnicas dos sedimentos da Baixada Santista – com ênfase nas argilas moles – foram obtidas a partir de trabalhos publicados nas últimas décadas, por pesquisadores que as avaliaram no contexto da história geológica dos sedimentos da Baixada Santista.

Dentre os mais importantes pode-se citar os de Massad (1999), cuja caracterização dos aluviões dos rios Moji e Cubatão, e dos sedimentos marinhos, pode ser aplicada para toda a região, e da COSIPA (1992), por sua norma técnica inédita, desenvolvida pela empresa durante suas diversas fases de expansão e operação.

As unidades geológico-geotécnicas presentes na AII / AID são representadas pelos Sedimentos de Mangue e Pântanos de natureza argilosa (SMGag) ou arenosa (SMGar); Sedimentos Flúvio-lagunares argilosos (SFLag) e arenosos (SFLar); Areias Transicionais Holocênicas Flúvio-marinhas ou Litorâneas (SFM); Areias de Depósitos Fluviais Basais nos Aluviões (SFA), e Areias e Argilas Transicionais Pleistocênicas da Formação Cananéia (AT), assentadas sobre solos residuais.

No topo do pacote de sedimentos, os depósitos são constituídos por sedimentos de mangues e pântanos com valores de SPT nulos, sendo os sedimentos de mangue arenoso mais espessos junto aos rios e canais. Em profundidades maiores, encontram-se os depósitos argilosos com 20m ou mais de espessura, dos sedimentos flúvio-lagunares holocênicos, denominados SFL por MASSAD (1986).

Antes da base desses depósitos podem ocorrer areias finas dos sedimentos flúvio-lagunares e/ou depósitos fluviais de aluviões holocênicos pretéritos representados pelos pedregulhos finos a grossos. Sotopostas, podem ocorrer areias e argilas transicionais pleistocênicas da Formação Cananéia – diferenciadas das argilas SFL, no início da década de 90, por investigações realizadas no Cais da Conceiçãozinha, próximo à área industrial da COSIPA – e na base dos sedimentos são encontrados os solos residuais sobre o maciço de rochas cristalinas.

Os Sedimentos de Mangue e Pântanos de natureza arenosa (SMGar) ocupam grandes porções das áreas emersas, com espessuras variáveis de 1,50m a mais de 5m, podendo ser identificados até a cota –7,45m. São constituídos por areias finas pouco argilosas a areias finas argilosas de coloração cinza-escura, com índices de SPT de 1/60 a 1/40. Sedimentos de Mangue e Pântanos argilosos (SMGag) formam depósitos menores, interdigitados aos sedimentos de mangue arenoso, com espessuras entre 1m e 2m e cotas do topo do depósito a cerca de –1m. São constituídos por argilas orgânicas siltosas de consistência muito mole, de SPT zero e coloração preta.

Os Sedimentos Flúvio-lagunares (SFL) ocorrem como uma espessa camada argilosa sotoposta aos sedimentos de mangue (SMG), mas também podem constituir interdigitações nestes. São representados, principalmente, por argilas siltosas e argilas arenosas de granulometria fina, e também são reconhecidas camadas delgadas de areia fina subordinadas (SFLar).

O pacote principal desses sedimentos pode apresentar espessuras de 10m a mais de 30m de argilas altamente plásticas, de consistência muito mole a mole, coloração cinza-escura e com índices de SPT entre zero e 4 (COSIPA, 2004) – incluir na bibliografia. As areias SFLar apresentam coloração cinza-escura e eventualmente cinza a cinza-amarelada, e espessuras decimétricas no seio do pacote de SFL, aumentando para 1m a mais de 6m em direção à sua base.

As areias transicionais holocênicas flúvio-marinhas ou litorâneas (SFM) são constituídas por areias finas a médias e areias médias a grossas, pouco argilosas, de coloração cinza-escura a cinza-clara, e sua espessura varia entre 1m e 3,5m. Areias de depósitos fluviais basais nos aluviões (SFA) consistem de pedregulhos de dimensões até centimétricas, eventualmente com matriz arenosa e intercalações subordinadas de areias médias a grossas, pouco argilosas, com pedregulhos finos. São de coloração cinza-clara a cinza (COSIPA, 2004) – incluir na bibliografia.

As Argilas Transicionais Pleistocênicas da Formação Cananéia (AT) são de constituição argilo-arenosa e estão presentes na região de São Vicente e, principalmente, a oeste do Largo de São Vicente. Formam ocorrências localizadas, com o topo do depósito a profundidades entre 19m e 25m e eventuais intercalações arenosas com alguns metros de espessura no pacote. Apresentam-se sobreadensadas, com índices de SPT entre 5 e 25, e sua espessura pode variar de 1m a mais de 10m.

Os solos residuais podem se encontrar expostos na região ou recobertos por depósitos sedimentares com espessuras de mais de 50m, com topo ondulado e irregular em virtude dos processos erosivos que esculpiram seu relevo. Apresentam constituição silto-arenosa micácea, coloração cinza a cinza amarelada variegada, elevada compacidade e preservam as estruturas e textura da rocha original.

Para as argilas moles e outros solos da região de Piaçaguera, a norma técnica interna da COSIPA (1992), para projeto e execução de obras de terra e fundações, recomenda os parâmetros geotécnicos médios obtidos a partir de ensaios realizados desde a década de 60.

A seguir, são apresentados os valores médios obtidos nos ensaios de caracterização, compressibilidade, deformabilidade e resistência de argilas moles, parâmetros de areias e cascalhos presentes na área, ressaltando-se a grande variabilidade observada nos resultados obtidos.

Parâmetro	Argilas moles	Areias	Cascalho
Porcentagem de argila (ABNT / MIT)	65% / 54%	-	-
Limite de Liquidez (LL)	115	-	-
Limite de Plasticidade (LP)	41	-	-
Índice de Plasticidade (IP)	74	-	-
Índice de Compressão (Cc)	1,50	-	-
Índice de Recompressão (Cr)	0,07	-	-
Índice de Expansão (Ce)	0,24	-	-
Fator de Compressibilidade ($Cc / {}_{1+} e_0$)	0,38	-	-
Coeficiente de Adensamento vertical (Cv) (cm^2/s)	0,004	-	-
Módulo de Elasticidade (E) (Kgf/cm^2)	100 a 200	-	-
Coeficiente de Poisson (ν) (c. não drenada)	0,5	-	-
Módulo de Elasticidade (E) (Kgf/cm^2)	20 a 40	-	-
Coeficiente de Poisson (ν) (c. drenada)	0,2	-	-
Resistência não drenada de argila virgem (S_u) (tf/m^2) (Z = prof. do topo da argila)	0,5+0,17xZ	-	-
Resistência não drenada de aterro a mais de um ano sobre argila (S_u) (tf/m^2)	1,0+0,17xZ	-	-
Peso específico natural (γ) (KN/m^3)	14	18	18
Peso específico submerso (γ_{sat}) (KN/m^3)	-	8	8
Coesão (c) (KPa)	-	0,00	0,00
Ângulo de atrito (φ)	0º	35º	40º
Ângulo de atrito efetivo (φ')	18º	-	-

Segundo MASSAD (1999), a resistência não drenada (S_u) das argilas da Baixada Santista mostra tendência sempre crescente com a profundidade, encontrando-se valores de 3KPa para os Mangues; 10kPa a 60KPa para as argilas de SFL, e superiores a 100KPa para as argilas transicionais (AT).

Algumas características e relações são semelhantes para esses três tipos de sedimentos, como o fator de compressibilidade (C_c / $_{1 +}$ e_0), que influi nos cálculos dos recalques; o coeficiente de empuxo em repouso (k_0), que pode ser utilizado para a estimativa de empuxos em contenções e de atrito negativo em estacas devidos ao adensamento de argilas moles, e os índices de consistência (LL, LP e IP), muito utilizados em correlações.

Outros parâmetros podem ter valores distintos, como é o caso do coeficiente de adensamento (c_v), obtido em laboratório para as argilas de SFL, que quando relacionado aos obtidos no campo se mostra 15 a 100 vezes maior. Essa diferença significativa demonstra a necessidade de se estabelecer critérios para as hipóteses de aplicação desse parâmetro, face à sua influência no estudo dos tempos de recalque das argilas compressíveis do subsolo.

Quanto à magnitude das tensões de pré-adensamento, as argilas AT apresentam valores entre 400kPa e 800KPa, superiores às das argilas de SFL, com valores entre 100kPa e 200KPa, sempre crescentes com a profundidade, como se observa nos ensaios de palheta (*vane test*) realizados. As pré-pressões de adensamento (σ_a), para as argilas de SFL, crescem linearmente com o peso efetivo de terra (σ_{vo}), sendo: σ_a = constante + $\sigma_{\mathbf{vo}}$. A constante dessa relação varia, em 60% dos casos, de 80kPa a 120 KPa.

MASSAD (1999) estudou os dados de recalques de aterros monitorados na Baixada Santista, em sedimentos com espessuras variáveis e camadas espessas de argilas de SFL em obras realizadas na ilha de Santo Amaro, COSIPA e Itapema. Avaliando os dados de Razão de Sobreadensamento e Coeficiente de Adensamento, bem como a relação b/H, onde b é a largura da área aterrada e H é a espessura da camada de argila, observou que os recalques (ρ_f) devidos à construção de aterros são, de maneira geral, significativos, variando de 44cm a 108cm, perante as diferentes características e mecanismos de adensamento.

Sedimentos aluviais quaternários do Planalto de São Paulo

Os parâmetros geotécnicos dos sedimentos – em especial as argilas moles – presentes nos depósitos aluviais dos principais corpos-d'água do Planalto de São Paulo, representados pelos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, foram pesquisados para as diversas obras realizadas nas suas bacias, tendo sido compilados por PROMON (1977 e 1994), ABGE (1980), FERREIRA *et al*. (1989), COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO (1989), e MASSAD *et al*. (1992).

De modo geral, as drenagens menores não constam da bibliografia técnica especializada, dada sua ocorrência localizada e falta de empreendimentos que demandassem a realização de ensaios de campo e laboratório. Suas propriedades deverão ser mais bem conhecidas durante a etapa de detalhamento do projeto.

Em função das porcentagens de silte e areia presentes nas argilas, ocorrência de matéria orgânica e raízes, espessura das camadas e tensões de pré-adensamento, os parâmetros geotécnicos de resistência das argilas podem apresentar valores diversos para diferentes depósitos e dentro de um mesmo depósito. Tais valores, no entanto, variam dentro de faixas já estabelecidas como representativas para solos moles de origem fluvial ou marinha, amplamente estudados.

Para fins de projeto, são utilizados os parâmetros mais conservadores das faixas de variação conhecidas, sendo as argilas moles os materiais menos favoráveis como fundação dos dutos e dos aterros. Como referência para os parâmetros desses e de outros solos presentes nos sedimentos aluviais quaternários, são apresentados, a seguir, os valores médios obtidos nas pesquisas realizadas.

a) Argilas moles

Parâmetros de resistência

A partir de ensaios triaxiais rápidos e resistência residual obtida em ensaios *vane test* sobre argilas da bacia do Tietê, em especial do rio Tamanduateí, com índices de SPT entre 0 e 4, foram obtidos os parâmetros de resistência apresentados a seguir (PROMON, 1977).

Parâmetro	Argila siltosa orgânica preta	Argila siltosa cinza
Envoltória ensaio rápido (S)	0,20 + σtg 2,5º	0,15 + σtg 2,0º
Peso específico natural (γ) (t/m^3)	1,60	1,60
Coesão (c) (kgf/cm^2)	0,13 a 0,26	0,29 a 0,30
Ângulo de atrito (φ)	0º	0º

Na bacia do rio Pinheiros, foram definidos parâmetros de resistência para turfas com SPT zero, e argilas com SPT entre 0 e 4, a partir de parâmetros médios de argilas e siltes dos aluviões dos rios Pirajussara e Guarapiranga, e argila porosa mole do Terciário de São Paulo (PROMON, 1994).

Parâmetro	Turfa	Argila orgânica siltosa ou arenosa
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	14	16
Coesão (c) (kPa)	5	8
Ângulo de atrito (φ)	15º	20º
Módulo de elasticidade (E) (MPa)	1	1 a 16

Compressibilidade

Estudos de retroanálise de dados de campo desenvolvidos por FERREIRA et al. (1989) em aterros instrumentados na várzea dos rios Tietê (Barra Funda) e Tamaduateí (Santo André), e entre Vila Carrão e Itaquera, permitiram a definição da compressibilidade das camadas de aluvião por meio de curvas de distribuição de frequências acumuladas dos valores de Cc/(1+e0), Cv e Cα. Os resultados obtidos foram comparados com os valores de Cc/(1+e0) e Cv obtidos em ensaios em laboratório sobre amostras de aluviões presentes entre Itaquera e Guaianases.

Os valores de Cc/(1+e0) retroanalisados a partir de obras, em 74% dos casos se mostraram menores que 0,15, contra menos que 0,22 dos obtidos em laboratório. Para os valores de Cv obtidos por retroanálise, 78% dos casos foram superiores a 5 x 10-3cm^2/s, contra mais de 1 x 10-3cm^2/s em laboratório, e 94% dos valores de Cα retroanalisados foram inferiores a 3%.

Considerando-se uma camada de 4m de solo mole com Cv de 5 x 10-3cm2/s, drenada no seu topo e base, seriam necessários cerca de 100 dias para que ocorresse 95% do adensamento, e para um Cv cinco vezes menor (1 x 10-3cm2/s), esse período de tempo se estenderia por 500 dias.

Na bacia do rio Pinheiros, valores de compressibilidade e permeabilidade de turfas e argilas moles foram obtidos com base nos parâmetros médios de argilas e siltes dos aluviões dos rios Pirajussara e Guarapiranga, e argila porosa mole do Terciário de São Paulo (PROMON, 1994).

Parâmetro	Turfa	Argila orgânica, siltosa ou arenosa
Fator de compressibilidade [$Cc/(1+e_0)$]	0,3	0,15
Coeficiente de adensamento vertical (Cv) (cm^2/s)	10^{-3}	8×10^{-3}
Permeabilidade (K) (cm/s)	10^{-4}	10^{-5}

b) Areias

Devido à presença do nível-d´água e dificuldade de obtenção de amostras indeformadas, as areias dos aluviões do rio Tamanduateí, na bacia do Tietê, tiveram seus parâmetros de resistência estimados com boa aproximação, com base em informações experimentais de resistência ao cisalhamento de solos granulares (PROMON, 1977). Tratam-se de areias de coloração cinza, granulometria muito heterogênea, fofas a pouco compactas, eventualmente com pedregulhos. Os principais parâmetros obtidos foram:

Parâmetro	Areias
Peso específico natural (γ) (t/m^3)	2,00
Coesão (c) (kPa)	0,00
Ângulo de atrito (φ)	25º
Resistência ao cisalhamento (S)	σtg 25º

Ensaios triaxiais tipo R foram realizados, pelo IPT, sobre amostras de aluvião do trecho Itaquera-Guaianases do Metrô de São Paulo (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1989), obtendo-se os parâmetros de resistência apresentados a seguir, para diferentes tipos de solos.

Parâmetro	Areia argilo-siltosa orgânica preta	Areia argilo-siltosa orgânica cinza escura	Areia argilo-siltosa amarela
Coesão (c) (kPa)	4,5	8,0	6,5
Ângulo de atrito (φ)	14º	17º	20º
Coesão efetiva (c') (kPa)	5,0	8,0	5,0
Ângulo de atrito efetivo (φ')	15º	20º	28º

Ensaios de compressão simples realizados pelo IPT nesses solos (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1989) indicaram uma dispersão muito grande de valores, com a coesão variando entre 6 e 25kPa. Também foram obtidos parâmetros de resistência por retroanálise de duas rupturas, os quais se situaram dentro das faixas apresentadas.

Na Bacia do rio Pinheiros, foram obtidos parâmetros médios de resistência e permeabilidade para areias dos rios Pirajussara e Guarapiranga (PROMON, 1994). Os solos estudados e parâmetros obtidos são apresentados a seguir.

Parâmetro	Areia fina argilosa	Areia média e grossa argilosa com pedregulhos
SPT	1 a 9	2 a 13
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	17	17
Coesão (c) (kPa)	2	2
Ângulo de atrito (φ)	28º	28º
Módulo de elasticidade (E) (MPa)	4 a 36	8 a 52
Permeabilidade (K) (cm/s)	10^{-3}	5×10^{-3}

Sedimentos Terciários da Bacia de São Paulo

Na concepção atual, os depósitos sedimentares continentais terciários da Bacia Sedimentar de São Paulo compreendem uma sequência basal com as formações Resende, Tremembé e São Paulo, enfeixadas no Grupo Taubaté, recoberta pelas formações Itaquaquecetuba e Pindamonhangaba. Na AID, os sedimentos terciários a ser interceptados pela dutovia são representados pelas formações São Paulo e Resende, cujos solos foram muito estudados para as obras do METROPOLITANO de São Paulo, canalização de rios pelo Daee, e obras da ELETROPAULO e da PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.

a) Argilas vermelhas rijas

MASSAD *et al*. (1992) estudaram as características das argilas vermelhas rijas, constituídas por 67% a 76% de argila, 14% a 22% de silte e 10% a 20% de areias, a partir de ensaios de caracterização e ensaios especiais realizados sobre amostras de solos da Rua Vergueiro. Os parâmetros médios de resistência obtidos são apresentados a seguir.

Parâmetro	Argilas vermelhas rijas
Coesão (c) (kg/cm2)	0,88
Ângulo de atrito (φ)	19,4º
Coesão efetiva (c') (kg/cm2)	0,68
Ângulo de atrito efetivo (φ')	22,6º

b) Argilas duras cinza esverdeadas

As argilas duras, cinza-esverdeadas, podem ser encontradas sob os aluviões dos rios Tietê e Pinheiros, os quais também ocorrem em amplas áreas da Bacia Sedimentar de São Paulo, sempre abaixo do nível atual de drenagem. Apresentam consistência rija a dura e estão, em geral, associadas a lentes de areias finas, argilosas, muito compactas, de coloração cinza-escura (COZZOLINO, 1980).

Na sua composição granulométrica, revelam uma fração de finos superior a 60%, sendo a fração areia essencialmente fina. MASSAD *et al*. (1992) estudando os sedimentos da Avenida Tiradentes, Rua P. Guimarães e Praça Rodrigues Abreu, e MASSAD (1980), analisando ensaios triaxiais rápidos pré-adensados em quatro amostras indeformadas, apresentaram os seguintes resultados sobre a resistência desses materiais:

Parâmetro	Argilas duras cinza esverdeadas
Peso específico submerso (γ_{sat}) (kN/m^3)	20,0
Coesão (c) (kPa)	50
Ângulo de atrito (φ)	20º
Coesão efetiva (c') (kPa)	40 a 70
Ângulo de atrito efetivo (φ')	15º a 26º
Resistência à compressão simples (kg/cm^2)	2,27

c) Areias basais

As areias basais da Formação Resende foram interceptadas durante a construção da Linha Norte-Sul do METROPOLITANO de São Paulo, onde um número limitado de amostras (dado as dificuldades de amostragem indeformada vigente à época de sua realização) forneceu os seguintes valores, obtidos através de ensaios triaxiais rápidos pré-adensados (MASSAD, 1980):

Parâmetro	Areias	Areias (valores médios)
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	-	20,0
Coesão (c) (kPa)	0,00	0,00
Ângulo de atrito efetivo (φ')	32° a 35°	33,5°

As areias basais a que estes resultados se referem são designadas areias médias, pouco argilosas, com fração de argila de 2% a 15%. Os extratos mais grossos exibem de 5% a 15% de areia grossa (diâmetro superior a 2mm).

Solos Residuais de Rochas do Cristalino

A característica principal dos solos residuais é a preservação das estruturas da rocha original, o que empresta aos mesmos um comportamento anisotrópico ou descontínuo, com parâmetros de resistência variáveis em função da presença de planos de fraqueza e caminhos preferenciais de percolação. No entanto, quando esses solos são caracterizados para fins de análise de estabilidade de taludes de escavações, é comum considerá-los isotrópicos e homogêneos, adotando-se parâmetros de resistência mais baixos ou conservadores.

Os solos residuais mais frequentes no trecho compreendido entre os municípios de Guarujá e Campinas são oriundos da alteração de rochas granitóides, gnáissicas e xistosas, e seus parâmetros de resistência médios são descritos por PINTO *et al*. (1993), obtidos a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas de solos residuais típicos do Estado de São Paulo. Esses valores podem ser considerados conservadores, tendo em vista os parâmetros de resistência de solos residuais semelhantes apresentados por outros autores como PINTO & NADER (1991) e MILITITSKY & NUDELMANN (1981).

Sua resistência, em termos de tensões efetivas, foi considerada a partir dos resultados de ensaios de compressão triaxial drenados ou CD (*Consolidated Drained*) e de ensaios adensados não drenados, com saturação por contra-pressão e com medida de pressões neutras ou CU*sat* (*Consolidated Undrained* saturados).

Os valores médios dos parâmetros de resistência c' e φ' obtidos por PINTO *et al*. (1993), para os diferentes solos residuais, são apresentados a seguir, juntamente com os valores dos pesos específicos natural (γ_n) e saturado (γ_{sat}).

Parâmetro	granitos	gnaisses	xistos
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	15,5	16,1	18
Peso específico natural submerso (γ_{sat}) (kN/m^3)	17	17,7	19,7
Coesão efetiva (c') (kPa)	10	14	20
Ângulo de atrito efetivo (φ')	31º	30,5º	30,5º

A estabilidade dos taludes escavados é verificada por análises de estabilidade realizadas segundo o Método de Bishop Simplificado, amplamente utilizado na Mecânica dos Solos, que adota para o cálculo dos fatores de segurança (FS), superfícies potenciais de ruptura circulares. Os critérios de aceitação dos taludes adotados ou seus coeficientes de segurança mínimos são de 1,5 para solos secos e 1,3 para solos parcialmente saturados.

Os solos a ser escavados na ADA deverão ter sua estabilidade estudada segundo esses critérios e parâmetros apresentados, a ser melhor avaliados por meio de ensaios de laboratório. Especial atenção deverá ser dada às estruturas geológicas remanescentes nos solos residuais jovens, as quais poderão determinar escorregamentos, principalmente na presença de água.

Nas encostas da Serra do Mar, poderão ocorrer eventuais movimentos de massa provocados por instabilidades decorrentes da associação de rochas gnáissicas com planos de grande mergulho gerados em zonas de cisalhamento. Fluxos de detritos também poderão se instalar nas cabeceiras das drenagens, onde as declividades são mais acentuadas, e a ocorrência de solos residuais com pequena espessura, presença de matacões e topo rochoso a pequena profundidade irão dificultar as escavações das valas para o assentamento dos dutos.

A suscetibilidade à erosão dos solos residuais maduros oriundos das rochas granitóides e gnáissicas poderá levar à instalação de processos erosivos, com exposição do solo residual jovem, e ação erosiva também sobre este. Esses processos poderão se instalar durante ou após a realização de escavações, caso esses solos não sejam devidamente protegidos.

Considerando-se os elevados parâmetros de resistência dos solos residuais, os mesmos irão apresentar boa estabilidade nas escavações, desde que adotadas as inclinações adequadas para os taludes. Outrossim, como suas características granulométricas emprestam a esses solos uma elevada suscetibilidade a erosão, os mesmos deverão ser adequadamente protegidos durante as escavações e após o reaterro das valas.

Como fundação, esses solos apresentam elevada capacidade de suporte, permitindo a utilização de fundações diretas como sapatas, sapatas corridas e *radiers*. Eventualmente, nos casos de coberturas espessas de solos residuais maduros com compacidade mais baixa, poderá ser necessário o uso de brocas e estacas para o apoio de estruturas como blocos de ancoragem e bases de tanques.

Sedimentos do Grupo Tubarão

Os solos residuais oriundos de argilitos e siltitos, identificados como do Grupo Tubarão, pertencentes ao Grupo Itararé, foram estudados por PINTO *et al*. (1993) na região de Sorocaba, e por VARGAS (1993) nas regiões de Sumaré e Campinas. São representados por argila siltosa pouco arenosa, de coloração cinza e roxa variegada, e argila silto-arenosa amarela e cinza, de consistência mole a dura, com índices de SPT variando de 6 a 40.

PINTO *et al*. (1993) estudaram 13 amostras de solos, obtendo granulometrias médias de 31% de argila, 32% de silte e 27% de areia; limite de liquidez (LL) 41%, e índice de plasticidade (IP) 16%. Ensaios de adensamento e de compressão triaxial não drenada (CU*sat*) realizados sobre esses solos indicaram os seguintes parâmetros médios de resistência:

Parâmetro	Argilas vermelhas rijas
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	19,1
Coesão efetiva (c') (kPa)	43
Ângulo de atrito efetivo (φ')	30º
Ângulo de atrito efetivo (φ') para c' = 0	33º

O índice médio de atividade (IA) determinado para esses solos, indicativo da presença de argilas expansivas, foi de 0,66, podendo os mesmos ser considerados potencialmente expansivos, o que é confirmado por VARGAS (1993), pois quando avaliados no gráfico de plasticidade, situam-se ao longo ou acima da linha A, geralmente à direita da linha B, e seu IA se encontra entre 0,5 e 1,25. Segundo esse pesquisador, inserem-se na região de alta ou muito alta expansibilidade do gráfico de Van der Merwe.

Análises térmicas diferenciais e de difratometria de raios-X realizadas sobre a fração argilosa de três amostras desses solos, indicaram a presença de grupos de argilo-minerais nas proporções de 70% a 95% de caulinita, 5% a 20% de illita, e traços a 10% de esmectitas, sendo estas últimas expansivas. As amostras com esmectitas expandiram cerca de 4% da altura quando inundadas sob uma pressão de 0,2kg/cm^2 durante 400 horas.

Ensaios de expansibilidade realizados com solo compactado mostraram que o potencial de expansão das argilas é da ordem de 1% a 10% em relação à altura inicial dos corpos de prova, e que as pressões de expansão são de 1kg/cm^2 a 7kg/cm^2, em menor ou maior grau em função da porcentagem de argilas do grupo das esmectitas. VARGAS ainda observou que a umidade, a densidade aparente seca e o grau de saturação do solo também são fatores que concorrem para sua expansibilidade.

Observou-se, portanto, que os solos argilo-siltosos pouco arenosos e argilo-silto-arenosos do Grupo Itararé, na região de Campinas, com determinadas porcentagens de argilo-minerais do grupo das montmorilonitas, tornam-se expansivos quando compactados abaixo da umidade ótima.

Além de expansivos, quando apresentam densidade específica seca baixa, esses solos também apresentam colapsividade, quando essa densidade é elevada, conforme relatado por VARGAS (1993), com base em ensaios de adensamento realizados sobre amostras de solo residual de argilitos do Grupo Itararé.

Sedimentos e solos residuais de basaltos do Grupo São Bento

Os solos do Grupo São Bento compreendem os sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia, e os materiais provenientes da alteração das rochas basálticas, e atingem até 10m de espessura. Os arenitos ocorrem nas bordas da Depressão Periférica Paulista, com rochas intrusivas básicas associadas, e os basaltos se desenvolvem na região das cuestas basálticas.

Os solos oriundos dos arenitos são arenosos finos e uniformes, e têm características de resistência e compressibilidade muito semelhantes aos solos de arenitos do Grupo Bauru. Apresentam-se menos plásticos que estes, e quando compactados são mais permeáveis (CRUZ & FERREIRA, 1993).

Os solos de basaltos são muito argilosos e podem apresentar matacões preservados nos horizontes de solo residual mais alterado, formados por esfoliação esferoidal, o que dificulta os trabalhos de terraplenagem e pode provocar instabilidades. São de difícil trabalhabilidade, em função dos elevados teores de umidade, e sua capacidade de suporte pode ser baixa. Quanto aos aspectos geotécnicos, os corpos tabulares de basaltos, diques e *sills* de diabásio apresentam características semelhantes.

PINTO *et al*. (1993), a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas de solos residuais do Estado de São Paulo, apresentam os parâmetros geotécnicos obtidos para solos de arenitos e rochas básicas, conforme o quadro a seguir.

Parâmetro	arenitos	basaltos
Granulometria (%) (argila / silte / areia)	14 / 9 / 77	44 a 67 / 27 a 22 / 29 a 11
Limite de Liquidez (LL)	23	42 a 120
Índice de Plasticidade (IP)	8	59 a 82
Índice de atividade da fração argila (IA)	0,66	0,69 a 1,54
Peso específico natural (γ) (kN/m^3)	15,5	16,1
Coesão efetiva (c') (kPa)	5	19
Ângulo de atrito efetivo (φ')	31	29º
Ângulo de atrito efetivo (φ') para c' = 0	31,3	30,4º
Peso específico natural (γ_n) (kN/m^3)	20,1	16,4

Solos residuais jovens de arenitos e basaltos apresentam boa capacidade de suporte, mas a presença de estruturas reliquiares representadas por estratificações cruzadas nos arenitos e disjunção colunar nos basaltos, bem como estruturas tectônicas, podem provocar instabilidades localizadas em cortes. O mesmo pode ocorrer nos solos residuais maduros de basaltos, pela movimentação de matacões.

Como materiais naturais para a construção de aterros, os solos residuais maduros de arenitos e basaltos, quando compactados, apresentam bons parâmetros de resistência. CRUZ & FERREIRA (1993) relatam valores de 5kPa a 30kPa para a coesão efetiva (c') e 30º a 33º para o ângulo de atrito efetivo (φ'), em ensaios saturados realizados em arenitos. Nos solos de basaltos, ensaios não drenados indicaram valores são de 12kPa a 40kPa para c' e de 24º a 33º para φ'.

Sedimentos cenozóicos

Os sedimentos cenozóicos constituem a camada de solo superficial predominante nas regiões da Depressão Periférica Paulista, Cuestas basálticas e Planalto Ocidental. Apresentam baixa compacidade e elevada porosidade, e constituição predominantemente arenosa, mas também argilosa.

Segundo BJORNBERG (1965) e BORTOLUCCI (1983) (*apud* GIACHETI *et al.*, 1993), tratam-se de solos formados por retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Bauru e das formações Serra Geral e Botucatu, transportados em meio aquoso e depositados como aluviões e coluviões.

Suas espessuras, em geral, são inferiores a 10m, e via-de-regra apresentam uma linha de seixos no contato da base da camada com a camada sotoposta, o que caracteriza a origem coluvionar do depósito. A maior parte ou quase totalidade desses sedimentos se situa acima do nível-d´água, e o grau de laterização do solo é avançado. Devido à sua constituição granulométrica, porosidade e forte estruturação, apresenta-se muito erodível e colapsível, desestruturando-se e apresentando recalque quando submetido a carregamento seguido de saturação.

GIACHETI *et al.* (1993) e ALBIERO *et al.* (1993) compilaram pesquisas realizadas em praticamente toda a região de ocorrência dos sedimentos cenozóicos, descrevendo os parâmetros geotécnicos de maior interesse quanto à capacidade de carga e colapsividade desses solos. Os parâmetros mais representativos obtidos são apresentados a seguir.

Parâmetro	Solos arenosos	Solos argilosos
Índice de plasticidade	<15	13 a 33
Índice de vazios	até 0,70	
Coesão efetiva (c') (kPa)	5,1 a 27,4	
Ângulo de atrito efetivo (φ')	23,1º a 29,6º	
Módulo de deformabilidade (MPa)	8,7	
Tensões admissíveis (1m de prof.) (kPa)	50	
Tensões admissíveis (2m de prof.) (kPa)	60	
Colapso com carga de 60kPa a 1m de prof.(mm)	30 a 36,6	
Colapso com carga de 160kPa a 1m de prof. (mm)	62	
Colapso com carga de 100kPa a 2m de prof. (mm)	71,1	
Colapso com carga de 125kPa a 4m de prof.(mm)	22,9	

MELLIOS (1985) (*apud* ALBIERO *et al.*, 1993), com base em seis provas de carga com placa rígida de 0,80m de diâmetro apoiadas diretamente sobre o solo a profundidades de 0,60m a 1,90m, estudou o efeito da saturação do solo por inundação, sobre a capacidade de suporte do terreno.

Concluiu que o "encharcamento" do solo reduziu sua capacidade de carga como fundação direta, para cerca de metade do valor correspondente à condição não saturada.

Além de colapsível, sua elevada erodibilidade pode levar à instalação de boçorocas, em função da posição da superfície freática, mas como material natural de construção é de excelente qualidade pois, quando compactados, esses sedimentos apresentam boas qualidades mecânicas e hidráulicas. Do ponto de vista de estabilidade de taludes, quanto maior o grau de laterização do solo, maiores são as inclinações admissíveis para os cortes nas escavações.

10.1.5.3.8 Investigações e Aspectos Geológico-geotécnicos dos terminais na Área de Influência Direta (ADA)

A partir de sondagens executadas nas áreas dos terminais projetados e também de informações de superfície obtidas durante o reconhecimento de campo, foram caracterizadas as unidades geológico-geotécnicas presentes nesses locais.

As unidades mapeadas são representadas por aterros, sedimentos aluviais, sedimentos terciários, sedimentos marinhos, solos residuais e maciço rochoso, e suas características são descritas, resumidamente, a partir dos dados disponíveis de cada terminal.

A seguir são apresentadas as informações quanto às investigações e os aspectos geológico-geotécnicos dos terminais Guarujá, RMSP (Caieiras), Santa Bárbara, Serrana, Botucatu, Anhembi e Paulínia.

Terminal Guarujá

Em abril de 2009 foram realizadas três sondagens à percussão na área do terminal Guarujá, denominadas SP-01, SP-02 e SP-03, até as profundidades de 13,73m, 26,25m e 28,21m, respectivamente.

A Investigação Ambiental Detalhada de Passivo Ambiental e a Análise de Risco à Saúde Humana foram realizadas entre maio e junho de 2009, e compreenderam a execução de 18 sondagens a trado até profundidades entre 0,70m e 4,10m, e a construção de 16 poços de monitoramento denominados PM-01 a PM-16, instalados entre 2,00m e 4,30m de profundidade. No **Anexo 17.XI-A1** é apresentado o relatório completo das pesquisas realizadas, com a localização e informações sobre as investigações, e mapa potenciométrico com indicação dos sentidos de fluxo das águas subterrâneas locais.

Com base nas sondagens realizadas, foram identificadas as unidades geológico-geotécnicas presentes na área, as quais são descritas a seguir, do topo para a base do perfil de solo.

Aterros de natureza argilosa ou arenosa, com índices de SPT entre 1/45 e 1/19, de coloração marrom, cinza ou amarela, com espessuras entre 1,70m e 2,00m.

Sedimentos de mangue e pântanos de natureza argilosa com 1,50m a 2,90m de espessura, representados por argilas orgânicas pouco arenosas muito moles, com índices de SPT entre 0/49 e 1/38, de coloração preta, com detritos vegetais.

Sedimentos flúvio-lagunares argilosos constituídos por argilas pouco arenosas muito moles a moles, com índices de SPT variados entre 0/58 e 4, de coloração cinza escura e espessuras entre 9,90m e 20,50m.

Solo residual de gnaisse, arenoso fino a médio, pouco siltoso ou argiloso, pouco a muito compacto, com índices de SPT entre 8 e 30/6, de coloração cinza e amarela. Apresenta espessuras muito variáveis entre 0,23m e 11,25m, estando o topo rochoso entre 13,73m e 28,21m de profundidade.

Terminal RMSP (Caieiras)

A área do terminal RMSP (Caieiras) foi investigada inicialmente por meio de três sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-03, até as profundidades de 18,45m, 20,45m e 25,45m, respectivamente, realizadas em outubro de 2009.

Entre fevereiro e março de 2010 foram realizadas as etapas de Investigação Ambiental Detalhada de Passivo Ambiental e de Análise de Risco à Saúde Humana, com a execução de 16 sondagens a trado com profundidades entre 3,00m e 13,50m, e a construção de 17 poços de monitoramento denominados PM-01 a PM-17, instalados até essas profundidades, sendo oito poços multinível (PMN-10 a PMN-17). O relatório completo das pesquisas realizadas, com a localização e informações sobre as investigações, e o mapa potenciométrico com indicação dos sentidos de fluxo das águas subterrâneas locais constituem o **Anexo 17.X-B1**.

Com base nas sondagens realizadas, foram identificadas as unidades geológico-geotécnicas presentes na área, as quais são descritas a seguir, do topo para a base do perfil de solo.

Solo superficial de natureza argilosa, de coloração marrom escura a amarelada, com espessuras entre 0,20m e 0,50m.

Solo residual jovem predominantemente argiloso, siltoso ou arenoso subordinado, coloração amarela ou variegada (vermelha e amarela). As espessuras da camada variam entre 0,40m e 0,70m.

Solo residual jovem derivado de rochas metamórficas do embasamento, argiloso (muito siltoso e pouco arenoso, mole a duro, com índices de SPT variados entre 4 e acima de 50 golpes no intervalo dos últimos 30cm , de coloração variegada (cinza, marrom e roxo ou marrom-amarelado, marrom, roxo e vermelho), com espessuras entre 18,45m e 24,55m.

Terminal Santa Bárbara

Foram executadas inicialmente seis sondagens à percussão na área do terminal Santa Bárbara, denominadas SP-01 a SP-06, até as profundidades de 27,15m, 16,22m, 19,17m, 20,12m, 19,00m e 30,25m, respectivamente, entre 12 e 14 de agosto de 2009.

As etapas de Investigação Ambiental Detalhada de Passivo Ambiental e de Análise de Risco à Saúde Humana foram realizadas em setembro e outubro de 2009, e compreenderam a execução de 16 sondagens a trado até profundidades entre 7,40m e 20,00m, e a construção de dois poços de monitoramento denominados PM-01 e PM-02, instalados a até 17,00m e 20,00m de profundidade, respectivamente. No **Anexo 17.X-B2** é apresentado o relatório completo da pesquisa realizada, com a localização e informações sobre as investigações.

Foram identificadas duas unidades geológico-geotécnicas, conforme segue.

Solo residual maduro associado a depósitos cenozóicos, argilo-arenoso a pouco arenoso, de consistência mole a média, com índices de SPT entre 3 e 10 golpes, e coloração marrom, vermelha, cinza e amarela variegada, com espessuras entre 9,86m e 13,00m.

Solo residual jovem de argilitos do Subgrupo Itararé, argiloso, pouco arenoso, de consistência média a rija, com índices de SPT variados entre 6 e 45/5 no intervalo dos últimos 30cm, coloração marrom, cinza, preta, amarela e vermelha, com espessuras entre 4,53m e 19,94m até o topo do sedimento impenetrável.

Terminal Serrana

Na área do terminal Serrana foram realizadas quatro sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-04, até as profundidades de 18,08m, 18,04m, 20,05m e 21,15m, respectivamente, em julho de 2009.

De acordo com as sondagens foram identificadas duas unidades geológico-geotécnicas, descritas a seguir do topo para a base do perfil de solo.

Solo residual maduro associado a depósitos cenozóicos, argiloso, pouco siltoso, de consistência mole a média, com índices de SPT entre 2/45 e 14, e coloração vermelha escura amarronzada. As espessuras da camada variam entre 8,54m e 12,50m.

Solo residual jovem de arenito Botucatu, arenoso fino, pouco a muito compacto, com índices de SPT entre 4 e 59/4, de coloração marrom, com espessuras entre 7,55m e 12,59m. A profundidade da base da camada de solo correspondendo ao topo do arenito resistente à penetração.

Terminal Botucatu

Inicialmente foram realizadas na área do terminal Botucatu quatro sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-04, até as profundidades de 13,45m, 10,45m, 11,45m e 12,45m, respectivamente, em outubro de 2009.

As etapas de Investigação Ambiental Detalhada de Passivo Ambiental e de Análise de Risco à Saúde Humana foram realizadas em outubro de 2009 e janeiro de 2010, e compreenderam a execução de 12 sondagens a trado e 12 poços de monitoramento com profundidades entre 2,50m e 14,00m. A Investigação Ambiental detalhada foi desenvolvida com a realização de nove sondagens a trado e oito poços de monitoramento com 2,5m a 13,50m, sendo quatro poços do tipo multinível.

Com base nas investigações de sub-superfície foram identificadas três unidades geológico-geoténicas, descritas a seguir do topo para a base do perfil de solo.

Aluvião de natureza arenosa fina, siltoso a pouco argiloso, fofo a medianamente compacto, com índices de SPT entre 2/51 e 3, de coloração cinza escura, cinza e amarela, com espessuras entre 7,80m e 8,10m.

Solo superficial arenoso fino, siltoso ou argiloso, fofo, com índices de SPT entre 2 e 4, de coloração vermelha escura, com espessuras entre 2,80m e 3,60m.

Solo residual de arenito arenoso fino argiloso, pouco siltoso, fofo a muito compacto, com índices de SPT variados entre 2 e acima 50 golpes no intervalo dos últimos 30cm ensaiados, de coloração marrom, vermelha ou cinza amarelada. Apresenta espessuras entre 3,65m e 9,85m, com a profundidade do impenetrável às sondagens correspondendo ao topo da rocha sedimentar.

Terminal Anhembi

No terminal Anhembi foram executadas inicialmente seis sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-05, até as profundidades de 19,04m, 8,05m, 8,06m, 11,76m e 11,70m, respectivamente, realizadas em julho de 2009, e uma sondagem no rio Tietê em setembro de 2009.

A etapa de Investigação Confirmatória de Passivo Ambiental foi realizada entre julho e setembro de 2009, e compreendeu a execução de 16 sondagens a trado até profundidades entre 0,50m e 6,00m, não tendo sido instalados poços de monitoramento. No **Anexo 17.X-D2** é apresentado o relatório completo da pesquisa realizada, com a localização e informações sobre as investigações.

As sondagens à percussão realizadas na área do terminal Anhembi permitiram identificar cinco unidades geológico-geotécnicas, conforme descrito a seguir.

Aterro argilo-arenoso marrom escuro com restos vegetais e espessuras entre 0,16m e 2,55m.

Aluvião argiloso, pouco siltoso, muito mole a mole, com índices de SPT entre 1/45 e 1/25, cinza escuro, com espessuras entre 1,99m e 2,92m, e aluvião argiloso pouco arenoso de consistência média a rija, cinza escuro, com espessuras entre 3,73m e 3,83m.

Aluvião arenoso muito fino, pouco a medianamente compacto, com índices de SPT entre 5 e 13 golpes, de coloração amarela, com espessuras entre 1,05m e 1,14m.

Solo residual maduro argilo-siltoso a arenoso, de consistência mole a média, com índices de SPT entre 4 e 14, de coloração marrom, cinza e vermelha variegada, com espessuras entre 1,04m e 12,45m.

Solo residual jovem derivado de siltito da Formação Teresina, silto-arenoso, fofo a muito compacto, com índices de SPT entre 4 e 50/3, de coloração marrom a amarelada, com espessuras entre 4,04m e 6,99m até o impenetrável às sondagens, que corresponde ao topo do maciço rochoso.

Terminal Paulínia

Para os estudos geotécnicos do terminal Paulínia foram realizadas, em fevereiro de 2010, três sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-03 até as profundidades de 21,45mm, 26,45m e 24,45m, respectivamente.

Em fevereiro de 2010 foi realizada a Investigação Confirmatória de Passivo Ambiental, com a execução de 15 sondagens a trado e 15 poços de monitoramento com profundidades entre 2,00m e 8,90m. O relatório integral dessa pesquisa, com a localização e informações sobre as investigações, e o mapa potenciométrico com indicação dos sentidos de fluxo das águas subterrâneas locais constitui o **Anexo 17.X-C1**.

A partir das investigações de sub-superfície foram identificadas quatro unidades geológico-geotécnicas distintas, descritas a seguir do topo para a base do perfil de solo.

Aluvião com menos de 2,5m de espessura, de natureza argilo-arenosa, muito mole, com índices de SPT entre 2/47 e 2/43, de coloração marrom-escura.

Solo residual de rochas sedimentares, argilo-arenoso a argilo-siltoso muito mole a duro, com índices de SPT entre 1/39 e 22 golpes, de coloração variável cinza ou amarela, com espessuras entre 3,50m e 5,60m.

Solo residual arenoso médio a grosso, pouco argiloso, fofo a medianamente compacto, com índices de SPT entre 2 e 10 golpes, de coloração cinza, amarela ou marrom variegada, com espessuras entre 2,80m e 8,90m.

Solo residual argilo-siltoso mole a duro, com índices de SPT entre 12 e até mais de 50 golpes, de coloração variável entre o amarelo, marrom, roxo e vermelho, com espessura superior a 11,85m.

Conclusões sobre a Geotecnia da Faixa da AID/ADA

As conclusões a respeito do comportamento geotécnico dos terrenos abrangidos pela faixa da AID/ADA da dutovia abaixo discutidas listam as unidades geotécnicas pelo seu número. O nome completo de cada uma dessas unidades consta do corpo do texto acima, onde foram descritas suas características separadamente.

Baixada Santista

Na Baixada Santista foram identificadas as unidades geotécnicas **11**, **12**, **13**, **14** e **15**. Os morros isolados que ocorrem de forma subordiinada nos terrenos da Baixada, por apresentarem com característica predominante os processode movimento de massa, foram agrupados na Serra do Mar, e são descritos posteriormente na unidade geotécnica 4/3.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 11, 12 E 13

Nos terrenos onde ocorrem os depósitos de mangue e pântanos (**11**) e de depósitos flúvio-marinhos (**12**), predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com muito alta suscetibilidade e alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações diárias associadas às marés (depósitos de mangue e pântano) ou às inundações pluviais (depósitos flúvio-marinhos), enquanto que nos terrenos dos depósitos arenosos (**13**) os processos predominantes tendem a apresentar baixa suscetibilidade a recalques, adensamento de solos moles e às inundações.

Na Unidade Geotécnica **11**, os problemas principais associados à execução da futura dutovia abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros e, eventualmente, o assoreamento de canais associados à vegetação típica e à fixação de sedimentos.

Na Unidade Geotécnica **12**, seus terrenos apresentam como problemas existentes e/ou potenciais associados à execução e à manutenção da futura dutovia abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem e, eventualmente, recalques localizados em aterros ou nas fundações de travessias de maior porte por adensamento de solos moles, ou ainda, danificação do subleito do traçado devido à saturação, considerando que durante as obras de implantação o assoreamento do sistema de drenagem pode acentuar as condições de inundação e comprometer a estabilidade das paredes escavadas.

Para a Unidade Geotécnica **13**, correlacionadas aos sedimentos quaternários arenosos, devido a pouca profundidade das obras de implantação do futuro empreendimento, os eventuais problemas geotécnicos tendem a ser menores, com destaque para a instabilidade de paredes durante as obras de escavação na presença do nível d'água, como poderá ser verificado nas regiões urbanas de Vicente de Carvalho e do Guarujá. Esses terrenos arenosos, com melhores características, constituem os melhores terrenos para a ocupação urbana na baixada litorânea e, da mesma forma, para a implantação de obras lineares a pouca profundidade, principallmente quando associados à ausência de fundações profundas.

Com relação às unidades geotécnicas **11** e **12**, em seus trechos de solos moles e muitos moles onde também for verificado maior concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir que as estrutras dos dutos estejam sujeitas à corrosão eletrolítica. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos de mangue laterais, ou na transposição do fundos dos canais quando os dutos estiverem aterrados.

UNIDADE GEOTÉCNICA 14

Os depósitos colúvio-eluvionares e de tálus que caracterizam a Unidade Geotécnica **14** podem ser reconhecidos no sopé das escarpas da Serra do Mar – serras de Cubatão, do Morrão e do Quilombo – e em trechos serranos dos morros litorâneos – Morro do Botelho e Morro do Icanhema na ilha de Santo Amaro.

Nestes locais, em meio às escarpas da serra e das encostas escarpadas dos morros litorâneos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com média suscetibilidade a recalques diferenciais e aos impactos por escorregamentos.

De modo geral, o traçado porposto para a futura dutovia aproveita os terrenos planos das unidades geotécnicas 11, 12, 13 e 15 junto à Rodovia Piaçaguera-Guarujá, desviando dos trechos topograficamente mais acidentados. Consequentemente, os dutos a ser implantados se afastam dos corpos de tálus e dos coluviões. Contudo, ainda merecem atenção específica os trechos das serras de Cubatão e do Quilombo, assim como os emboques e desemboques da estrutura de transposição do Morro do Icanhema, na extremidade sudoeste da cidade do Guarujá.

Os eventuais problemas existentes e/ou potenciais associados às obras de escavação e manutenção da futura dutovia incluem impactos associados com materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, e dificuldade na escavação e aterramento dos dutos devido à presença de blocos diversos e instáveis, além do rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de cortes e instabilização de depósitos de tálus – que constituem corpos altamente instáveis – por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais durante o período de implantação e, mais raro, por constituírem corpos em movimento lento e constante, durante os anos de operação.

Situações que merecem atenção podem ser consideradas no trecho da escarpa da serra de Cubatão, pela ocorrência de corpos de menor dimensão não identificados. Contudo, os serviços de manutenção observados na faixa de domínio dos dutos da Usina Henry Borden propiciam a mitigação dos processos descritos acima.

Nas encostas recortadas da serra do Quilombo, são reconhecidos diversos corpos de tálus e também são identificados algumas estruturas de contenção visando a estabilização dos cortes efetuados, tais como muros baixos de concreto, paredes concretadas e atirantadas, execução de concreto projetado e instalação de drenos horizontais profundos (dhp).

Nos levantamentos realizados nas encostas da serra do Quilommo também foi verificada a ocorrência de movimentos de massa recentes associada ao período chuvoso de 2010. Podem ser observados in loco, um escorregamento de grande proporções na vertente meridional da serra, nos terrenos do Aterro Terracom implantado no local, além de quedas de blocos e tombamentos de árvores na encosta setentrional – na pista superior – entre o muro atirantado e a superfície de concreto projetado. Resalta-se ainda o predomínio de rochas gnáissicas fortemente transpostas associadas à Zona de Cisalhamento de Freires–São Lourenço, o que tende a potencializar ainda mais os processos de movimento de massa.

As situações descritas acima ocorrendo isoladamente e/ou de forma cojugada, como as reconhecidas nas encostas da serra do Quilombo, podem apresentar riscos de danos aos dutos por movimentos de massa, seja na implantação ou durante o período de operação. Alternativamente, a transposição deste alto topográfico – geológico e geotecnicamente instável – pode ser realizada através da escavação direcionada do maciço rochoso.

UNIDADE GEOTÉCNICA 15

A Unidade Geotécnica **15** associa-se aos terrenos planos dos depósitos aluviais quaternários, presentes nas calhas dos rios e ribeirões maiores na Baixada Litorânea.

Nesta unidade, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

Durante a implantação da dutuvia, poderão ocorrer dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, principalmente quando for interceptado o nível d'água – em geral raso – e for verificada a presença de materiais com baixa capacidade de suporte, caracterísitca dos sedimentos aluviais mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos). Problemas potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e/ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem ou solapamento das margens.

Dos corpos d'águas associados à Unidade Geotécnica **15**, os dutos poderão atravessar as várzeas dos rios Perequê e Cubatão, sendo a primeira delas uma região aterrada pelas obras viárias da Rodovia Piaçaguera-Guarujá e dos complexos industriais instalados nos arredores do Perequê, onde seus cursos d'água já foram alterados (retificados/canalizados) visando reduzir as inundações, e a segunda, os dutos deverão ser fixados nas estruturas da ponte da Rodovia dos Imigrantes quando a mesma transpõe o rio Cubatão.

Serra do Mar

Os terrenos que apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais ou induzidos), frequentemente acompanhados de processos secundários de alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais foram geotecnicamente agrupados nas unidades geotécnicas 4/3 e 5A/3. Estão reprersentados pelas escarpas da Serra do Mar (serras de Cubatão, do Morrão e do Quilombo) e, na Baixada Litorânea, pelos morros alongados de aspecto serrano identificados preferencialmente na Ilha de Santo Amaro, e os morros isolados identificados ao largo da Rodovia Piaçaquera Guajurá, além dos limites do traçado da ADA da futura dutovia.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 4/3 E 5A/3

As unidades geotécnicas **4/3** e **5a/3** caracterizam-se por terrenos onde destacam-se os processos de movimento de massa com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade aos processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais e, eventualmente, os processos secundários erosivos podem ser induzidos por movimentos de massa.

Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos associam-se às escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, onde são identificadas alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Os problemas predominantes associados aos escorregamentos existentes e/ou potenciais abrangem rastejo frequente a generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo frequentes a muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas, e escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares. Tais processos potenciais podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos ou muito intensos, além de fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo – desmatamentos e terraplanagem – e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Com relação aos processos de erosão, os seus problemas existentes e/ou potenciais dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; erosão sobre os solos superficiais, além de assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como reflexo da erosão das áreas de expansão antrópica.

Problemas críticos poderiam ser esperados no trecho de transposição da serra de Cubatão, paralelo ao aqueduto da Usina Hrenry Borden. Contudo, conforme anteriormente comentado para a Unidade Geotécnica 14, as medidas de proteção e de mitigação de processos de escorregamentos e de erosão constituem parte da manutenção da obra implantada desde a primeira metade do século passado, o que minimiza a instalação dos processos típicos na Unidade Geotécnica **4/3**.

Nas regiões da serra do Morrão e, principalmente, junto à travessia da serra do Quilombo, junto à Unidade Geotécnica **4/3**, são reconhecidas nas laterais da Rodovia Piaçaguera-Guarujá implantada, medidas de proteção contra escorregamentos nos pontos mais críticos.

Com relação à Unidade Geotécnica **5a/3**, o trecho que requer maiores cuidados encontra-se instalado na Ilha de Santo Amaro – na sua extremidade sudoeste. O Morro do Icanhema, denominação do morro litorâneo na localidade, deverá ser transposto através de túnel ou,eventualmente, outra estrutura direcional em sub-superfície, sendo considerados como pontos críticos o emboque e o desemboque da estrutura subterrânea, onde os processos de movimento de massa poderão se instalar. Deve-se ainda ressaltar a presença de diversas estruturas de juntas e fraturas de direção geral NW-SE, distrbiuídas aproximadamente ortogonais à faixa da encosta a ser atravessada.

Quanto aos morros e morrotes isolados onde predominam terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos – Unidade Geotécnica **4/3** – o traçado da dutovia a ser implantada sofre desvios acompanhando a Rodovia Piaçaguera-Guarujá. A mesma será implantada em terrenos planos próximos sem desnível topográfico significativo e assentados nos sedimentos quaternários da baixada litorânea (unidades geotécnicas 11, 12 e 13, e, eventualmente, 15), onde não são reconhecidos os processos/problemas descritos nas unidades 5a/3 e 4/3.

Planalto

Nos planaltos Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí, nos terrenos que compõem a faixa da AID/ADA´, podem ser reconhecidos ao longo do traçado tanto os processos do meio físico importantes onde predominam o movimento de massa com processos de erosão subordinados, e aqueles associados à erosão que podem ou não apresentar os movimentos de massa como processos secundários, sendo os mesmos identificados através das unidades geotécnicas **5a/3**, e **3** e **3/6a**, respectivamente.

No Planalto também são individualizados os terrenos constituídos por depósitos continentais aluviais (Unidade Geotécnica **15**), onde são verificados adensamentos de solos moles, além de trechos subordinados eventualmente associados com relevos cársticos e rochas carbonáticas (Unidade Geotécnica **7**), e aqueles terrenos caracterizados como de baixa suscetibilidade a todos os processos do meio físico analisados (Unidade Geotécnica **17**).

UNIDADE GEOTÉCNICA 5a/3

Na Unidade Geotécnica **5a/3** ocorrem preferencialmente nos terrenos de nível alto do Planalto de Jundiaé e, de forma suboridinada, no Planalto Paulistano, na região da conecção da Rodovia dos Imigrantes com o trecho Sul do Rodoanel, nos arredores da represa Billings.

Nestes locais predominam processos de movimento de massa, com processos de erosão secundários. Sâo verificadas alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, e alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Na unidade **5a/3** os problemas existentes e/ou potenciais associados aos movimentos de massa abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, escorregamentos frequentes planares em solo, com potencia para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, além de queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas, escorregamentos e desplacamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos. Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente – deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos – ou podem ser induzidos através de intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e quando ocorre mudança na dinâmica das águas superficiais.

Já problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários de erosão verificados na Unidade Geotécnica **5a/3** dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; à erosão sobre os solos superficiais; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão antrópica.

A ocupação antrópica efetuada ao longo das últimas décadas nos diversos terrenos do Planalto (Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí), principalmente quando associado ao crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, tem induzido aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Contudo, esses terrenos – com alta suscetibilidade aos movimentos de massa e com frequentes processos de erosão secundários associados – nos trechos que deverão ser atravessados pela futura dutovia, encontram-se recortados por obras lineares, principalmente em trechos subordinados dos trechos Sul e Oeste do Rodoanel Mário Covas e da Rodovia dos Bandeirantes, no intervalo do entroncamento com o Rodoanel até imediatamente a sul da cidade de Jundiaí.

Nos trechos onde a futura dutovia deverá aproveitar as faixas de domínios de obras lineares implantadas, as medidas de contenção e de mitigação de processos de movimento de massa e de erosão já estão contemplados e em constante monitoramento com obras de manutenção dessas vias e suas faixas de domínio.

Medidas preventivas e de controle eventualmente poderão ser introduzidas nos intervalos – subordinados – quando os dutos ao ser implementados se afastarem das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos seus taludes protegidos.

Obras de escavação para a implantação da futura dutovia – mesmo a pouca profundidade, com cerca de 2,0m – deverão ser consideradas com as devidas precauções nos trechos com taludes mais íngrimes a ser escavados e com estruturas geológicas desfavoráveis, situação que merece destaque entre as estacas 15 e 16+7.500m, onde os desníveis topográficos são relativamente consideráveis e as rochas do domínio São Roque ocorrem fortemente orientadas e transpostas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, sendo previsíveis a ocorrências de estruturas geológicas desfavoráveis à estabilidade dos maciços rochosos e de seus solos derivados.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 3 E 3/6A

Nas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** são identificadas nos terrenos dos planaltos Paulistano/Alto Tietê (preferencialmente), de São Paulo e de Jundiaí (a norte da cidade de Jundiaí). Nestes locais predominam os processos de erosão apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Também são reconhecidos, em várias regiões, processos de movimento de massa subordinados com média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

Nestas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários, quando reconhecidos nas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** em terrenos do Planalto, compreendem rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), sendo os processos de instabilização principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Nos terrenos pertencentes às unidades geotécnicas **3** e **3/6a** , reconhecidos no Planalto, e que apresentam alta suscetibilidade à erosão, encontram-se implantadas as obras viárias/lineares de grande porte, devendo sermencionadas a Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia dos Imigrantes, os trechos Sul e Oeste do Rodoanel e a Rodovia dos Bandeirantes – desde o entroncamento com o Rodoanel até arredores da cidade de Campinas, na altura da estaca 21+2.000m.

Nos trechos onde o duto a ser executado se afastar das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos cortes de retaludamento de encostas mais íngrimes e aterros executados nos vales mais encaixados – locais normalmente protegidos pelos serviços de manutenção das rodovias – as obras temporárias de escavação para a implantação da nova estrutura aterrada deverão ser precedidas e acompanhadas visando evitar a instalação de processos erosivos localizados. Posteriormente, nas faixas de concessão mais afastados das obras lineares atuais e que apresentem maiores declividades e litologias propícias à instalação de processos erosivos, deverão ser monitoradas periodicamente.

Os eventuais problemas nas unidades geotécnicas **3** e **3/6a**, como os descritos acima, poderão ser verificados em algumas regiões do Rodoanel Oeste e da Rodovia dos Bandeirantes, entre as estacas 11+6.000m e 13+5.000m, e 14+4.000m e 15, principalmente naqueles trechos onde a futura dutovia se afastar das obras viárias existentes.

UNIDADE GEOTÉCNICA 7

Os terrenos da Unidade Geotécnica **7** têm ocorrência muito restrita no Planalto. Especificamente, de acordo com os mapas regionais disponíveis, a unidade não é identificada nos limites internos da fiaxa da AID/ADA.

As principais ocorrências da Unidade Geotécnica **7** localizam-se em Santana de Parnaíba e Cajamar – onde ocorreu o fenômeno de colapso de solo decorrente de um dolinamento em agosto de 1986. De maior interesse para o traçado da futura dutovia, a ocorrência de Cajamar associa-se aos filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, além de metamargas e calcários do Grupo São Roque. As ocorrências mais próximas, identificados a oeste do traçado dos dutos, distam cerca de 4km da Rodovia do Bandeirantes.

Na da Unidade Geotécnica **7** – intrinsicamente associado aos relevos cársticos e às rochas carbonáticas – predominam os processos de afundamentos cársticos, com alta suscetibilidade a subsidências (afundamentos lentos) e colapsos (afundamentos bruscos), naturais ou induzidos e potencializados por rebaixamentos acentuados dos níveis potenciométricos dos aquíferos, oscilações frequentes destes níveis, infiltração concentrada de água no solo, cargas elevadas sobre o solo, vibrações, etc..

Na região de Jordanésia – lateral à Rodovia Anhanguera – são reconhecidas antigas pedreiras de rochas carbonáticas desativadas. Também há registros históricos da antiga pedreira do Gato Preto, instalada mais próxima à Rodovia dos Bandeirantes.

Os eventuais processos e problemas relacionados à Unidade Geotécnica **7** são naturalmente reduzidos, dada à rara presença ou mesmo à ausência de rochas carbonáticas na Rodovia dos Bandeirantes, seja como corpos extensos ou ocorrências lenticulares subordinadas e intercaladas aos filitos e calciofilitos, aliada à inexistência de fundações profundas nas obras da dutovia que se caracterizam por escavações rasas, com cerca de 2,0m de profundidade, e do aproveitamento da faixa de domínio da obra viária existente.

De qualquer forma, o trecho crítico a ser considerado para a Unidade Geotécnica **7** envolve o traçado da futura dutovia na região das estacas 15+3.500m e 15+8.000m.

UNIDADE GEOTÉCNICA 15

A Unidade Geotécnica **15** tem seus terrenos correlacionados aos depósitos quaternários de várzeas identificados junto às margens e nos próprios cursos de córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam os planaltos Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí. Nestes locais, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Efetivamente, o Planalto de São Paulo não deverá ser atravessado pelos dutos do futuro empreendimento.

Os problemas existentes e/ou potenciais da Unidade Geotécnica **15** abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, devem ser mencionadas as dificuldades de escavação devido à provável instabilidade das paredes, e eventuais processos de assoreamento associados dos canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade Geotécnica **15**, as várzeas e travessias dos afluentes das represas Billings e Guarapiranga, dos rios Embu-mirim, Carapicuíba, Tietê, Juqueri, do ribeirão dos Cristais e dos rios Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, além de diversos outros afluentes que comportam áreas de várzea restritas, de menor expressão.

Deve-se ressaltar que a futura dutovia deverá acompanhar o traçado geral das obras viárias já implantadas nos trechos do Planalto – Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia dos Imigrantes, trechos Sul e Oeste do Rodoanel e Rodovia dos Bandeirantes – onde poderão utilizar as próprias faixas de domínios que apresentam aterros e foram efetuadas trocas de solos moles e obras de contenções nas travessias destas várzeas.

Eventuais problemas decorrentes das etapas de implantação e manutenção da futura dutovia, nos terrenos dos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiaí, deverão ocorrer localizadamente, junto às travessias de várzeas quando o traçado proposto se afastar da faixa de domínio do viário existente, onde as obras de contenção, de troca de solos moles e execução de aterros sobre as várzeas não ocorreram.

Trechos da Unidade Geotécnica **15** contendo solos moles e muitos moles com forte concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir que as estrutras dos dutos estejam sujeitas à corrosão eletrolítica. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos aluviais durante a transposição do fundos dos cursos d'água e, principalmente, em período posterior, quando os dutos já se encontram enterrados.

UNIDADE GEOTÉCNICA 17

A Unidade Geotécnica **15** apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

Nos terrenos do Planalto, a Unidade Geotécnica **15** ocorre associada às colinas da Bacia de São Paulo e que conforma o Planalto de São Paulo, sendo que o mesmo não será atravessado pelo traçado da futura dutovia.

Bacia do Paraná

Na Bacia do Paraná são reconhecidos processos importantes do meio físico sendo individualizados terrenos onde predominam erosão com muito alta suscetibilidade com eventuais processos subordinados de suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; terrenos com alta suscetibilidade à erosão e que também podem apresentar suscetibilidade ao colapso de solos como processo secundário; terrenos com média suscetibilidade à contração/expansão ou ao colapso dos solos, terrenos onde predominam os processos de adensamentos de solos moles associados aos depósitos aluviais, e terrenos onde todos os processos do meio físico analisados apresentam baixa suscetibilidade.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 1, 1/6b E 1/9

As unidades geotécnicas **1**, **1/6b** e **1/9** constituem terrenos onde predominam os processos de erosão com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares das formações Corumbatái, Teresina e Irati (Grupo Passa Dois) e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de

movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos (Unidade Geotécnica **1/6b**), ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos (Unidade Geotécnica **1/9**).

Os problemas existentes e/ou potenciais relacionados à erosão verificadas nas unidades geotécnicas **1**, **1/6b** e **1/9** abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas, e o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões.

Quanto aos processos secundários verificados, como aqueles reconhecidos na Unidade Geotécnica **1/6b**, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem os rastejos e escorregamentos de solos nas encostas mais declivososem geral acima de 20º, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos como corpos de tálus e coluviões, além de escorregamentos de solo pouco frequentes e restritos junto aos poucos trechos escarpados e solapamentos associados à erosão profunda (ravinas, boçorocas). Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e explotação mineral.

Os problemas associados aos processos secundários de expansão/contração dos solos, como aqueles reconhecidos na Unidade Geotécnica **1/9**, decorrem da variação volumétrica causada por saturação e/ou perda de umidade, devido à presença de argilominerais expansivos nos solos expostos durante a instalação de taludes de corte e, eventualmente, com a exposição de maciços rochosos alterados a ciclos de umedecimento/ressecamento propícios à desagregação superficial ou empastilhamento.

O processo predominante e de interesse para a futura dutovia observado nas unidades geotécnicas **1**, **1/6b** e **1/9** correlaciona os substratos constituídos por arenitos com relevo de colinas médias e morrotes e declividades predominantes entre 10% e 20%. Também pode ser constatada ruptura de declive na encosta associada ao forte gradiente hidráulico e ao nível d'água relativamente raso – em torno de 5m –, ou ainda, a ocorrência de nível d'água suspenso e de surgências d'água nas encostas. Também podem associar-se os terrenos com exposição de raros afloramentos rochosos junto às bordas das mesas basálticas ou sedimentares, ou ainda, terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis ou a ocorrência de rochas sedimentares com presença de argilominerais do grupo das esmectitas, como descrito nas fácies argilosas do Grupo Passa Dois.

De interesse para as fases de implantação e operação da futura dutovia, destacam-se os trechos de dutos que atravessarão terrenos arenosos associados à Formação Pirambóia, principalmente quando caracterizados processos secundários de movimento de massa (Unidade Geotécnica **1/6b**) ou de contração/expansão de solo (Unidade Geotécnica **1/9**) em geral associadas às ocorrências de rochas sedimentares mais finas (siltitos, argilitos e folhelhos, que podem potencializar os processos erosivos de muito alta suscetibilidade. A segunda situação descrita acima poderá instalar-se no período de implantação em regiões de exposição das rochas sedimentares dos grupos Passa Dois e Guatá, caso haja a ocorrência de exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – naquelas regiões onde predominam pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, onde a remoção da corbertura vegetal expõe o horizonte de solo propiciando a instação de processos erosivos.

Contudo, os efeitos dos eventuais processos de contração/expansão dos solos deverão ser localizados e ficarão restritos às próprias abertas para o assentamento dos dutos. Desta forma, os eventuais problemas serão resolvidos no o decorrer das próprias obras de implantação da futura dutovia.

Na fase de manutenção do empreendimento em operação nos terrenos das unidades geotécnicas **1**, **1/6b** e **1/9**, a aplicação de cobertura vegetal na faixa de domínio associada à execução de terraços paralelos às curvas de nível – murunduns – nos trechos mais declivosos, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos terrenos aos processos erosivos predominantes e aos processos secundários eventualmente verificados.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 2, 2/10 E 3

As unidades geotécnicas **2**, **2/10** e **3** constituem terrenos terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente, podem ocorrer associados nestes terrenos os processos secundários, com destaque para aqueles que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra (Unidade Geotécnica **3**), ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos (Unidade Geotécnica **2/10**).

Os problemas existentes e/ou potenciais verificados nas unidades geotécnicas **2**, **2/10** e **3** abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo, ou ainda, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra, com formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, intensificados com usos mais intensos e inadequados dos solos onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas. Durante chuvas intensas, a progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários, quando presentes (unidade geotécnica **2/10**), abrangem recalques na fundação de edificações e obras civis, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional.

Quando comparados com os problemas potenciais registrados na Unidade Geotécnica 1 – com muito alta suscetibilidade à erosão – os processos do meio físico predominantes nas unidades geotécnicas **2**, **2/10** e **3** em avaliação, tendem a ser mais localizados e de menor magnitude.

Os processos erosivos poderão instalar-se no período de implantação da futura dutovia, associados à exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – nas regiões com predomínio pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, a partir da remoção da corbertura vegetal e exposição do horizonte de solo residual jovem que, comumente contém caracterísiticas de maior erodibilidade.

Durante o período de operação e conservação da faixa de domínio da dutovia implantada, a aplicação de cobertura vegetal na superfície principal trabalhada e eventuais taludes laterais, e a implantação de terraços – murunduns – paralelos às curvas de nível nos trechos mais declivosos da faixa da ADA, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos solos e mitigar os processos erosivos predominantes, mesmo quando ocorrerem associados os processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou de colapso de solos.

UNIDADES GEOTÉCNICAS 9 E 10

A unidades geotécnicas **9** e **10** constitui terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade à variação volumétrica por saturação (dilatação) e/ou perda de umidade (contração) por argilominerais expansivos, quando expostos às intempéries (Unidade Geotécnica **9**), ou terrenos onde os solos apresentam média suscetibilidade ao colapso (Unidade Geotécnica **10**).

As ocorrências da Unidade Geotécnica **9** são variadas e relativamente frequentes, sendo reconhecidas ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da futura dutovia, enquanto que para a Unidade Geotécnica **10** foi identificada apenas uma ocorrência no município de Rio das Pedras, na porção leste-oeste do traçado.

Nos terrenos da Unidade Geotécnica **9**, onde são verificados processos de contração/expansão dos solos, as ocorrências reconhecidas correlacionam-se à exposição de siltitos e argilitos com ocasionais níveis de arenitos médios (Formação Corumbataí); de argilitos finamente laminados, folhelhos e siltitos, com frequentes níveis de sílex e calcários oolíticos esbranquiçados (Formação Teresina), e de diques ou *sills* de diabásio (Rochas Intrusivas Tabulares)

Nos terrenos da Unidade Geotécnica **10** são identificados processos de colapso dos solos eventualmente associados aos arenitos finos da Formação Pirambóia (Grupo São Bento) mas, principalmente, às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas representadas por argilas, siltes e arenitos finos argilosos pouco consolidados e com raros níveis de cascalho.

Na Unidade Geotécnica **9**, os problemas existentes e/ou potenciais associados à contração/expansão dos solos decorrem da variação volumétrica causada pela presença de argilominerais expansivos nos solos, como no caso de obras civis ou durante a instalação de taludes de corte, quando da exposição do substrato rochoso durante as operações de terraplenagem, e também, quando estes materiais são expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, resultando em desagregação superficial ou empastilhamento, seguidos de escorregamento e erosão.

Na Unidade Geotécnica **10**, os problemas existentes e/ou potenciais correlacionados ao colapso dos solos abrangem recalques na fundação de edificações e de obras civis, com redução brusca no volume dos vazios do solo quando submetido ao umedecimento, com ou sem carga adicional. As espessuras do solo colapsível normalmente variam de 2 a 7m, podendo, entretanto, chegar a valores acima de 20m; solos pedologicamente evoluídos, com alto índice de vazios, e baixos grau de saturação e de teor de umidade. Contudo, quando compactado, este material apresenta qualidades mecânicas e hidráulicas favoráveis às aplicações da engenharia civil.

Referentes às ocorrências da Unidade Geotécnica **9** e de interesse para as obras de implantação da futura dutovia, ressalta-se que durante as obras de escavação para o assentamento dos dutos, deve-se procurar evitar a exposição do substrato rochoso alterado e de seus solos derivados aos ciclos de umedecimento/ressecamento, que poderá resultar em desagregação superficial e empastilhamento, permitindo a instalação de instabilização e escorregamentos das paredes escavadas e, eventualmente, evoluir para processos erosivos. Contudo, tal situação tende a ser muito restrita e demarcada na própria escavação que, possivelmente, deverá ser realizada em nichos, o que tende a eliminar a propagação de eventuais processos/problemas.

Com relação ao colapso dos solos (Unidade Geotécnica **10**), durante a implantação da futura dutovia, a ocorrência de chuvas e o direcionamento inadequado das águas superficiais poderão provocar o empoçamento das mesmas nas cavas abertas sobre os solos, levando à redução brusca de volume e recalques no solo submetido ao umedecimento. Tal situação poderá dificultar o assentamento dos dutos devido às irregularidades no fundo da escavação, além de potencialmente provocar o desmoronamento das paredes escavadas.

Durante a fase de manutenção da dutovia em operação, a aplicação de cobertura vegetal e o escoamento direcionado e satisfatório das águas superficias na região da ocorrência da Unidade Geotécnica **10**, deverão ser medidas suficientes e satisfatórias para evitar a exposição dos solos passíveis de processos de copalso.

UNIDADE GEOTÉCNICA 15

Os terrenos da Unidade Geotécnia **15** correlacionam-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam a Bacia do Paraná, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, devem ser mencionadas as dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, e eventuais assoreamento de canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade Geotécnia **15** as várzeas pertencentes aos rios Capivari, Piracicaba, Mogi-Guaçu e Pardo, além de diversos outros afluentes que apresentam áreas de várzea de menores dimensões.

De acordo com o traçado proposto para a futura dutovia, na porção meridional da Bacia do Paraná, a obra deverá acompanhar o traçado geral da Rodovia dos Bandeirantes entre Campinas e Santa Bárbara d'Oeste, onde poderá utilizar a própria faixa de domínio com seus aterros sobre as travessias de diversos afluentes dos rios Capivari e Piracicaba.

Nas demais regiões da Bacia do Paraná, quando a faixa de domínio da futura dutovia se afastar de obras viárias existentes – rodovias secundárias e estradas vicinais asfaltadas – os eventuais problemas decorrentes das etapas de implantação e manutenção do futuro empreendimento deverão ocorrer localizadamente, junto às travessias das várzeas de córregos e ribeirões mairoes, onde as obras de contenção, de troca de solos moles e execução de aterros sobre as várzeas ainda não foram realizadas ou poderão ser de porte maior, dadas as dimensões do projeto.

Eventualmente, alguns trechos da Unidade Geotécnica **15** identificada na Bacia do Paraná com presença de solos moles/muitos moles e onde também ocorra forte concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir que as estrutras dos dutos estejam sujeitas à corrosão eletrolítica. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos aluviais durante a transposição do fundos dos cursos d'água e, principalmente, em período posterior, quando os dutos já se encontram enterrados.

UNIDADE GEOTÉCNICA 17

Associados à Unidade Geotécnia **17** na Bacia do Paraná foram identificados terrenos de baixa suscetibilidade aos diversos processos do meio físico analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios. Contudo, sem implicações geotécnicas de interesse durante as etapas de implantação e operação do empreendimento.

10.1.6 ATIVIDADES MINERÁRIAS

10.1.6.1 MÉTODOS DE TRABALHO

As atividades minerárias desenvolvidas na ADA do empreendimento foram estudadas a partir dos processos cadastrados no DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, obtidos a partir de visita realizada ao DNPM de São Paulo; carta de solicitação respondida pelo órgão por meio do ofício nº 905/09-2º DS/DNPM/SP, e acesso ao *site* htpp://sigmine.dnpm.gov.br do SIGMINE / DNPM.

Para avaliar eventuais interferências de atividades minerarias sobre o empreendimento e vice-versa foi estudada a ADA e uma faixa em seu entorno, medindo 100m para cada lado do eixo da dutovia, de forma a compensar eventuais erros associados à localização das poligonais do DNPM. Nessa faixa de estudo encontram-se 142 poligonais de processos minerários cadastrados, com cada poligonal representando uma gleba de terra requerida ou outorgada para pesquisa ou exploração de um bem mineral, em diferentes estágios e com determinada área em hectares para cada tipo de bem.

Os tipos de processos são indicativos do estágio em que a atividade minerária se encontra e estão descritos, resumidamente, a seguir. Deve-se ressaltar, no entanto, que, independentemente do tipo de bem mineral e da situação do processo, todas as áreas cadastradas como processos no DNPM se encontram outorgadas, estando garantidos os direitos de concessão para o outorgado.

- Licenciamento: regime de exploração concedido apenas para bens minerais destinados à construção civil, como argila, areia, cascalho e rocha para brita ou revestimento. Pode estar em fase de Requerimento, quando o Licenciamento é requerido e se encontra em análise pelo órgão, ou Licenciamento propriamente dito, com as reservas estimadas e permissão para exploração.

- Lavra: regime de exploração concedido para todos os bens minerais. Na fase de Requerimento, já está aprovado o Relatório de Pesquisa e foi apresentado o Plano de Lavra, requerendo-se sua Concessão. Na fase de Concessão de Lavra (Alvará), estão garantidas as reservas cubada, estimada e inferida, e está permitida a exploração do bem mineral.

- Pesquisa: o Requerimento de Pesquisa indica que o pedido para a Pesquisa Mineral de um determinado bem, em uma determinada área, foi protocolizado no DNPM, garantindo-se o direito de prioridade para o requerente, a partir da data do protocolo. A Autorização para Pesquisa (Alvará) é dada após a verificação, pelo órgão, da documentação e do Plano de Pesquisa apresentados, ficando, então, onerada a área.

- Disponibilidade: quando o requerente não recolhe a taxa anual por hectare, não apresenta o Relatório de Pesquisa no prazo determinado, ou o mesmo não é aprovado, a área requerida continua onerada mas entra em Disponibilidade, sendo procedida uma licitação para os possíveis candidatos a pesquisá-la. Caso não haja interessados ou nenhum licitante cumpra, integralmente, as exigências da licitação, a área é desonerada, ou seja, sua poligonal é excluída do cadastro de controle de áreas, ficando cancelada.

10.1.6.2 Área Diretamente Afetada (ADA)

Para facilitar a apresentação das informações obtidas no DNPM, as mesmas foram subdivididas em três trechos, diferenciados dos intervalos de traçado utilizados no projeto.

10.1.6.2.1 Trecho Guarujá – Santa Bárbara-d'Oeste

No trecho entre o terminal Guarujá e o terminal Santa Bárbara, os recursos minerais referentes aos 55 processos intervenientes com o empreendimento são representados por areia (12 áreas); ouro (12 áreas); granito (9 áreas); argila (8 áreas); água mineral, calcário e saibro (3 áreas cada); substâncias não cadastradas (2 áreas), e talco, areia para fundição e filito (uma área cada).

No mapa que constitui o **Anexo 17.IV-8**, estão indicadas as poligonais dos processos interceptados pela ADA, cujo número e dados referentes ao titular ou requerente da área, substância, área em hectares e fase do processo são apresentados na **Tabela 10.1.6.2.1-1** a seguir.

TABELA 10.1.6.2.1-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Guarujá – Santa Bárbara d'Oeste

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
1	3050/1956	1956	MINERAÇÃO UEMORI LTDA	TALCO	8,85	CONCESSÃO DE LAVRA
2	7910/1966	1966	INESAL Indústria Extrativa Santos Ltda.	AREIA DE FUNDIÇÃO	58,47	CONCESSÃO DE LAVRA
3	808537/1975	1975	Joaquim da Rocha Brites	GRANITO	50	CONCESSÃO DE LAVRA
4	821524/1987	1987	Pedreira ENGEBRITA Ltda	GRANITO	12,09	CONCESSÃO DE LAVRA
5	821250/1998	1998	BRASPLAN Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda.	ARGILA	49,5	REQUERIMENTO DE LAVRA
6	820222/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A	OURO	1961,47	REQUERIMENTO DE PESQUISA

TABELA 10.1.6.2.1-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Guarujá – Santa Bárbara d'Oeste

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
7	820171/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A	OURO	1999,84	REQUERIMENTO DE PESQUISA
8	820223/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A	OURO	1995,77	REQUERIMENTO DE PESQUISA
9	821588/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A	OURO	943,92	REQUERIMENTO DE PESQUISA
10	821790/1999	1999	SAN PELLEGRINO Comércio de Água Mineral Ltda - Me.	ÁGUA MINERAL	50	REQUERIMENTO DE LAVRA
11	820883/2000	2000	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A	MINÉRIO DE OURO	480,22	REQUERIMENTO DE PESQUISA
12	820833/2001	2001	MINERAÇÃO E ARTEFATOS DE CIMENTO SÃO JOAQUIM LTDA ME	AREIA	647,74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
13	820219/2002	2002	Luiz Fernando Castellotti	ÁGUA MINERAL	49	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
14	820325/2004	2004	Companhia Melhoramentos de São Paulo	CALCÁRIO	890,13	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
15	820600/2005	2005	ITABRAS MINERAÇÃO LTDA. EPP	AREIA	27,45	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
16	820006/2006	2006	MINERAÇÃO E ARTEFATOS DE CIMENTO SÃO JOAQUIM LTDA ME	AREIA	843,83	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
17	820025/2006	2006	EMBRAPORT - EMPRESA BRASILEIRA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS S.A.	AREIA	43,5	REQUERIMENTO DE PESQUISA
18	820825/2006	2006	Companhia Melhoramentos de São Paulo	MINÉRIO DE OURO	1269,44	REQUERIMENTO DE PESQUISA
19	820382/2007	2007	Companhia Melhoramentos de São Paulo	MINÉRIO DE OURO	552,92	REQUERIMENTO DE PESQUISA
20	820523/2007	2007	Mineração SILVANA	MINÉRIO DE OURO	1999,62	REQUERIMENTO DE PESQUISA

TABELA 10.1.6.2.1-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Guarujá – Santa Bárbara d'Oeste

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
			Indústria e Comercio Ltda.			
21	820505/2007	2007	Porto de Areia Rio Branco Ltda. Me	AREIA	39,51	REQUERIMENTO DE PESQUISA
22	820003/2007	2007	FONTEX IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA.	ARGILA	356,25	REQUERIMENTO DE PESQUISA
23	820310/2007	2007	Jorge Tadeu Gouvea	AREIA	26,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
24	820528/2007	2007	Nelson Zene Júnior	AREIA	43,11	REQUERIMENTO DE PESQUISA
25	820082/2008	2008	DELLA SERRA MINERAÇÃO LTDA ME	AREIA	244,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA
26	820231/1990	1990	INTERVALES MINÉRIOS LTDA	SAIBRO	212,09	CONCESSÃO DE LAVRA
27	820072/1992	1992	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda.	GRANITO	913,3	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
28	821362/1998	1998	FIRPAVI Construtora e Pavimentadora Sociedade Anônima.	GRANITO	49,99	REQUERIMENTO DE LAVRA
29	821661/1998	1998	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A.	OURO	1999,62	REQUERIMENTO DE PESQUISA
30	820172/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A.	OURO	1673,7	REQUERIMENTO DE PESQUISA
31	820226/1999	1999	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A.	OURO	1927,05	REQUERIMENTO DE PESQUISA
32	820374/2002	2002	TERRACOM Construções Ltda.	SAIBRO	15,99	REQUERIMENTO DE LAVRA
33	820327/2004	2004	Companhia Melhoramentos de São Paulo	CALCÁRIO	248,59	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
34	820585/2005	2005	Edilene Dias Seraphim	ARGILA	584,19	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
35	820110/2006	2006	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda.	GRANITO	835,35	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
36	820835/2009	2009	Santa Rita S. A. Terminais	AREIA	49,56	REQUERIMENTO DE PESQUISA

TABELA 10.1.6.2.1-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Guarujá – Santa Bárbara d'Oeste

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
			Portuários			
37	820834/2009	2009	Santa Rita S. A. Terminais Portuários	AREIA	30,24	REQUERIMENTO DE PESQUISA
38	820755/2001	2001	Geova Gomes Pacheco	AREIA	30	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
39	820002/2007	2007	FONTEX IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA.	ARGILA	229,3	REQUERIMENTO DE PESQUISA
40	820114/2010	2010	Viver Vinhedo Administração de Bens Próprios Ltda	GRANITO	982,54	REQUERIMENTO DE PESQUISA
41	820066/2010	2010	FAMA Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda.	ARGILA	966,51	REQUERIMENTO DE PESQUISA
42	820064/2010	2010	FAMA Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda.	ARGILA	967,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA
43	820065/2010	2010	FAMA Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda.	ARGILA	992,32	REQUERIMENTO DE PESQUISA
44	820016/2010	2010	DERSA Desenvolvimento Rodoviário S.a.	SAIBRO	4,6	REQUERIMENTO DE REGISTRO DE EXTRAÇÃO
45	820039/2009	2009	Companhia Melhoramentos de São Paulo	CALCÁRIO	991,89	REQUERIMENTO DE PESQUISA
46	820394/2009	2009	FAMA Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda.	ARGILA	420,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA
47	821930/1987	1987	TERRITORIAL SÃO PAULO MINERAÇÃO LTDA.	GRANITO	50	DISPONIBILIDADE
48	821747/1998	1998	MINERAÇÃO SANTA ELINA Indústria e Comércio S A.	OURO	1965,82	DISPONIBILIDADE

TABELA 10.1.6.2.1-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Guarujá – Santa Bárbara d'Oeste

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
49	820973/1999	1999	Flavio Godinho	ÁGUA MINERAL	40	DISPONIBILIDADE
50	820442/2006	2006	Elder Serraglio	AREIA	991,54	DISPONIBILIDADE
51	300540/2009	2009	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO	10	DISPONIBILIDADE
52	300539/2009	2009	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO	8	DISPONIBILIDADE
53	820796/2006	2006	Roberto Issamu Kishi	GRANITO	222,3	DISPONIBILIDADE
54	820316/1991	1991	FIRPAVI Construtora e Pavimentadora S.A.	GRANITO	14,03	DISPONIBILIDADE
55	821065/2003	2003	Mauro Trubbianelli	FILITO	75,23	DISPONIBILIDADE

A análise da tabela apresentada mostra que, dos 55 processos minerários cadastrados, 36 processos se referem a Pesquisa Mineral, sendo 25 em fase de Requerimento e 11 com pesquisa em andamento. Dos demais, 10 processos estão em fase de Requerimento e Concessão de Lavra, sendo um de Requerimento de Registro de Extração, e 9 em Disponibilidade.

10.1.6.2.2 Trecho Santa Bárbara d'Oeste – Serrana

No trecho entre o terminal Santa Bárbara e o terminal Serrana, os 58 processos minerários levantados compreendem os seguintes bens minerais: areia para construção civil, fundição, vidro e indústria (23 áreas); argila (22 áreas); argila refratária, aluminosa e cerâmica (7 áreas); argilito (2 áreas), e água mineral, quartzo, siltito e arenito (uma área cada).

No mapa que constitui o **Anexo 17.IV-8** estão indicadas as poligonais dos processos interceptados pela ADA, cujo número e dados referentes ao titular ou requerente da área, substância, área em hectares e fase do processo são apresentados na **Tabela 10.1.6.2.2-1** a seguir.

TABELA 10.1.6.2.2-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Santa Bárbara d'Oeste – Serrana

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
56	4692/1961	1961	MINERAÇÃO RIBERCAST LTDA - ME	AREIA PARA VIDRO	47,36	CONCESSÃO DE LAVRA
57	6970/1963	1963	MINERAÇÃO MATHEUS LEME LTDA.	AREIA INDUSTRIAL	266,39	CONCESSÃO DE LAVRA
58	805472/1977	1977	Mineração JUNDU Ltda.	AREIA PARA VIDRO	416,25	REQUERIMENTO DE LAVRA
59	821420/1987	1987	Ricardo Titoto Neto	ÁGUA MINERAL	49	REQUERIMENTO DE PESQUISA
60	820914/1995	1995	CERÂMICA ANTIGUA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	ARGILA	49,96	REQUERIMENTO DE LAVRA

TABELA 10.1.6.2.2-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Santa Bárbara d'Oeste – Serrana

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
61	821058/1995	1995	USJ Mineração e Comércio Ltda.	ARGILA	401,58	REQUERIMENTO DE LAVRA
62	820917/1998	1998	Laércio Bosqueiro	ARGILA	772,05	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
63	820189/2002	2002	Maria do Carmo Escobedo Montanheiro	ARGILA REFRATÁRIA	999,76	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
64	820640/2002	2002	Angela Maria Barletta Carvalho	QUARTZO	341,02	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
65	821045/2002	2002	Frederico Guilherme Costa De Sá Leitão	ARGILA ALUMINOSA	490,74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
66	820064/2003	2003	Maria Lúcia Delamin Fiocati	ARGILA REFRATÁRIA	339,25	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
67	820829/2003	2003	Jose Henrique Decarli	AREIA	49,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
68	820834/2003	2003	AGROPECUÁRIA SÃO JOÃO DO MORRO ALTO LTDA.	ARGILA	257,62	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
69	821029/2003	2003	MINERAÇÃO RELVA CANDIDA LTDA	ARGILA	83,94	REQUERIMENTO DE LAVRA
70	820830/2003	2003	Jose Henrique Decarli	AREIA	26,46	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
71	820280/2005	2005	Francisco Raphael de Araújo Ribeiro	ARGILA	685,18	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
72	820535/2005	2005	COLORMINAS - Colorifício e Mineração S/A	SILTITO	35,17	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
73	820317/2005	2005	Guilherme de Azevedo Sodré	ARGILA REFRATÁRIA	385,74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
74	820279/2006	2006	João Guilherme Sabino Ometto	ARGILA REFRATÁRIA	386,51	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
75	820280/2006	2006	José Carlos Mirone Ometto	ARGILA REFRATÁRIA	615,89	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
76	820565/2006	2006	Itamar Fior	ARGILA	8,24	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
77	807346/1976	1976	Eduardo Prates Nogueira	ARGILA	331,2	CONCESSÃO DE LAVRA
78	820889/2007	2007	SÃO MARTINHO S.A.	ARGILA	150,7	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
79	820843/2007	2007	SÃO MARTINHO S.A.	ARGILA	835,09	REQUERIMENTO DE PESQUISA
80	820442/2008	2008	ARGILA BOSQUEIRO MINERAÇÃO COMÉRCIO E TRANSPORTES LTDA.	ARGILITO	501,41	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
81	820236/1989	1989	Cacilda Emilia Pozzi De Carvalho	AREIA DE FUNDIÇÃO	970,71	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
82	820242/1989	1989	MINERAÇÃO BARUEL LTDA.	AREIA DE FUNDIÇÃO	252,6	REQUERIMENTO DE LAVRA
83	820506/1990	1990	Cacilda Emilia Pozzi De Carvalho	AREIA DE FUNDIÇÃO	48,84	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
84	820182/1992	1992	Maristel Decarli Zaccariotto	AREIA INDUSTRIAL	43,34	CONCESSÃO DE LAVRA
85	820649/2000	2000	Mineração Morro Alto Ltda.	ARGILA	108,3	REQUERIMENTO DE LAVRA
86	820741/2004	2004	MINERAÇÃO RELVA CANDIDA LTDA	ARGILITO	146,81	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
87	820432/2005	2005	Cacilda Emilia Pozzi De Carvalho	AREIA	49	REQUERIMENTO DE PESQUISA

TABELA 10.1.6.2.2-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Santa Bárbara d'Oeste – Serrana

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
88	820288/2006	2006	MINERADORA DOIS IRMÃOS LTDA	ARGILA	377,54	REQUERIMENTO DE PESQUISA
89	820327/2006	2006	Mario Castellano Pieroni	ARGILA	196,48	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
90	820343/2006	2006	Mario Castellano Pieroni	ARGILA	864,91	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
91	820565/2007	2007	Cacilda Emilia Pozzi De Carvalho	ARENITO	613,77	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
92	820528/2009	2009	Paulo Fernando Turati	ARGILA	996,95	REQUERIMENTO DE PESQUISA
93	820928/2008	2008	Nara Lúcia Barbosa Gimenez	AREIA	379,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
94	820377/2010	2010	Rosana Aparecida Pereira Lima	AREIA	285,26	REQUERIMENTO DE PESQUISA
95	820782/2009	2009	S. G. Sociedade Agrícola de Santa Gertrudes	ARGILA	196,43	REQUERIMENTO DE PESQUISA
96	820579/2009	2009	João Guilherme Sabino Ometto	ARGILA	386,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA
97	820029/2009	2009	Christian Jones Fioramonte	AREIA	453,61	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
98	820965/2009	2009	Diego de Oliveira	AREIA	49,99	REQUERIMENTO DE PESQUISA
99	820966/2009	2009	Sylvio Baggio Neto	AREIA	49,99	REQUERIMENTO DE PESQUISA
100	820554/2008	2008	Edvaldo José Pascon	ARGILA	993,5	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
101	820475/2005	2005	Adilson Leitão	AREIA	17,8	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
102	820553/2008	2008	Edvaldo José Pascon	ARGILA	999,14	REQUERIMENTO DE PESQUISA
103	820576/1994	1994	Edvaldo José Pascon	ARGILA	548,69	DISPONIBILIDADE
104	820584/1997	1997	ARIZONA AGROPECUARIA LTDA	ARGILA PARA CERÂMICA	48,5	DISPONIBILIDADE
105	820816/1997	1997	COMINAS-MINERADORA CONVENTOS S.A.	ARGILA	912,39	DISPONIBILIDADE
106	821291/1999	1999	ÁGUA BRANCA EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	AREIA	151,57	DISPONIBILIDADE
107	820020/2004	2004	MINERAÇÃO BOM RETIRO LTDA.	AREIA	5,05	DISPONIBILIDADE
108	820020/2004	2004	MINERAÇÃO BOM RETIRO LTDA.	AREIA	533,67	DISPONIBILIDADE
109	820630/2004	2004	MINERAÇÃO ESTRELA DO CORUMBATAI LTDA.	AREIA	742,59	DISPONIBILIDADE
110	820044/1986	1986	Marcio Roberto Da Silva	AREIA DE FUNDIÇÃO	397,04	DISPONIBILIDADE
111	820831/2007	2007	Christian Jones Fioramonte	AREIA	673,7	DISPONIBILIDADE
112	820831/2007	2007	Christian Jones Fioramonte	AREIA	12,46	DISPONIBILIDADE
113	820283/2008	2008	ARGILA BOSQUEIRO MINERAÇÃO COMÉRCIO E TRANSPORTES LTDA.	ARGILA	828,71	DISPONIBILIDADE

Dentre os 58 processos cadastrados, 38 se referem a Pesquisa Mineral, dos quais 12 estão em fase de Requerimento e 26 com pesquisa em andamento. Dos demais processos, 9 se encontram nas fases de Requerimento e Concessão de lavra, e 11 estão em disponibilidade.

10.1.6.2.3 Trecho Botucatu – Paulínia

No trecho entre os terminais Botucatu e Paulínia, os processos minerários levantados compreendem areia (11 áreas); argila para fins diversos (13 áreas); basalto (2 áreas), e turfa, água mineral e diabásio (uma área cada).

No mapa que constitui o **Anexo 17.IV-8** estão indicadas as poligonais dos processos interceptados pela ADA, cujo número e dados referentes ao titular ou requerente da área, substância, área em hectares e fase do processo são apresentados na **Tabela 10.1.6.2.3-1** a seguir.

TABELA 10.1.6.2.3-1: Autorizações e Concessões Minerárias do DNPM na faixa de estudo Trecho Botucatu – Paulínia

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
114	821686/1987	1987	Vital Vettorazzo	BASALTO	980	REQUERIMENTO DE LAVRA
115	820464/1988	1988	COMERCIAL E AGRICOLA COSMOPOLIS LTDA.	ARGILA REFRATÁRIA	936,3	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
116	820582/2004	2004	Rui Valarinho Albuquerque	ARGILA CAULÍNICA	836	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
117	820501/2006	2006	Calcário Diamante Ltda.	ARGILA	999,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
118	820502/2006	2006	Calcário Diamante Ltda.	ARGILA	998,52	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
119	812676/1974	1974	AREIÃO EMPRESA DE MINERAÇÃO LTDA.	AREIA	360,94	CONCESSÃO DE LAVRA
120	820504/2006	2006	Calcário Diamante Ltda.	ARGILA	999,16	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
121	820343/2008	2008	Usina Açucareira Ester S A.	TURFA	1679,16	REQUERIMENTO DE PESQUISA
122	820157/2006	2006	Mineração Diamante Ltda.	ARGILA	994,54	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
123	820309/2006	2006	Mario Angelo Furlan	AREIA	571	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
124	820172/2007	2007	Usina Açucareira Ester S A.	ARGILA	782,67	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
125	820205/2007	2007	Eliezer Da Fonseca	ÁGUA MINERAL	32,9	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
126	820457/2007	2007	Jacir Furlan & Cia Ltda. Me	AREIA	43,05	REQUERIMENTO DE LAVRA
127	820850/2007	2007	SÃO MARTINHO S.A.	ARGILA	478,1	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
128	820185/2010	2010	Nelson Calil Jorge	AREIA	957,28	REQUERIMENTO DE PESQUISA
129	820336/2009	2009	Nelson Calil Jorge	AREIA	457,43	REQUERIMENTO DE PESQUISA
130	820625/2009	2009	Cristina Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.	AREIA	999,74	REQUERIMENTO DE PESQUISA
131	820627/2009	2009	Cristina Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.	AREIA	999,82	REQUERIMENTO DE PESQUISA
132	820229/2009	2009	PORTO DE AREIA SÃO LUCAS LTDA.	AREIA	84,1	REQUERIMENTO DE PESQUISA
133	820762/1988	1988	TELEBRITA MINERAÇÃO E COMÉRCIO LTDA.	DIABÁSIO P/ BRITA	649,49	CONCESSÃO DE LAVRA
134	820673/2009	2009	Mineração Rio do Peixe Ltda.	AREIA	49,08	REQUERIMENTO DE PESQUISA

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
135	820674/2009	2009	Mineração Rio do Peixe Ltda.	AREIA	986,61	REQUERIMENTO DE PESQUISA
136	820240/2009	2009	SOCAL MINERAÇÃO E INTERCÂMBIO COMERCIAL E INDUSTRIAL	BASALTO	666,6	REQUERIMENTO DE PESQUISA
137	820341/2008	2008	Usina Açucareira Ester S. A.	ARGILA	931,57	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
138	821005/1996	1996	Marlise Mazzotti Valerio	AREIA QUARTZOSA	50	DISPONIBILIDADE
139	821054/1996	1996	COMERCIAL E AGRICOLA COSMOPOLIS LTDA.	ARGILA REFRATÁRIA	982,4	DISPONIBILIDADE
140	820620/1998	1998	MINERAÇÃO ALVORADA LTDA.	ARGILA	3,98	DISPONIBILIDADE
141	820620/1998	1998	MINERAÇÃO ALVORADA LTDA.	ARGILA	97,95	DISPONIBILIDADE
142	820620/1998	1998	MINERAÇÃO ALVORADA LTDA.	ARGILA	201,11	DISPONIBILIDADE

A tabela mostra que, dos 29 processos minerários, 20 processos são relativos a Pesquisa Mineral, sendo 11 com pesquisa já em andamento 9 em fase de Requerimento; 4 processos estão em fase de Requerimento e Concessão de Lavra, e 5 estão em disponibilidade.

10.1.6.3 INTERFERÊNCIAS COM O EMPREENDIMENTO

Dos 142 processos minerários existentes, 23 se referem às fases Requerimento e Concessão de Lavra, e 94 estão em fase de Requerimento e Autorização de Pesquisa, conforme se observa na **Tabela 10.1.6.3-1** a seguir, onde é apresentado um resumo da situação dos processos minerários cadastrados ao longo da faixa de estudo, que engloba a ADA da dutovia.

TABELA 10.1.6.3-1: Situação Geral dos Processos Cadastrados

Fase de Processo	Trecho da dutovia			Total
	Guarujá-Santa Bárbara-d'Oeste	Santa Bárbara d'Oeste-Serrana	Botucatu-Paulínia	
Requerimento de Pesquisa	25	12	9	46
Autorização de Pesquisa	11	26	11	48
Requerimento de Lavra	4	5	2	11
Concessão de Lavra	6	4	2	12
Disponibilidade	9	11	5	25
Total	55	58	29	142

Deve-se observar que, quanto ao impacto do empreendimento sobre a atividade minerária existente na faixa de estudo, todos os processos cadastrados, independentemente do seu estágio processual, deverão ser avaliados quanto aos gastos com pesquisas, benfeitorias, receitas, situação legal, etc., uma vez que garantem os direitos do requerente ou outorgante durante a etapa de negociação. Mesmo as áreas em disponibilidade, por não se encontrar desoneradas, ainda têm suas poligonais sujeitas a licitação, estando passíveis de negociação após a concessão.

A avaliação de cada processo minerário, individualmente, será de fundamental importância para a implantação do empreendimento, pois em função das particularidades de cada bem mineral, da fase da atividade, grau de interferência e situação legal do outorgado, os custos das indenizações e ações compensatórias poderão ser minimizados. Áreas em fase de pesquisa, ainda sem definição de jazida, serão consideradas de forma distinta daquelas em fase de lavra e licenciamento, com atividade produtiva, reserva cubada, equipamentos instalados e benfeitorias.

Cada processo, portanto, deverá ser avaliado individualmente, definindo-se o grau de interferência do empreendimento sobre a atividade minerária e as medidas mais adequadas, em função da sua fase da atividade (licenciamento, lavra, pesquisa ou disponibilidade); tipo de bem mineral, sua importância estratégica para a região e valor de mercado; benfeitorias, equipamentos e instalações; tipo e frente de exploração (cava, túnel, dragagem ou garimpo); tipo de reserva (cubada, medida ou inferida), e documentação legal (licenças, alvarás, contabilidade, etc.).

Essa avaliação será objeto do Programa de Gestão das Interferências com as Atividades Minerárias que terá, por objetivos, solucionar as possíveis interferências ou impactos negativos resultantes da construção e operação da dutovia sobre as áreas de exploração mineral requeridas, em diferentes estágios de licenciamento, bem como estabelecer estratégias para a mitigação dos impactos por meio de acordos com os detentores do direito minerário.

Conclusões sobre a Atividade Minerária

Considerando-se a importância da dutovia como obra de interesse público, o Código de Mineração prevê a solicitação de não-emissão de novos títulos minerários, incluindo-se, nesse caso, novas Autorizações de Pesquisa, Registros de Licenciamento e Concessões de Lavra, bem como a transformação das autorizações existentes em Concessões de Lavra. Esse pedido permitirá ao empreendedor o bloqueio das atividades minerárias ao longo da faixa da dutovia, precavendo-se contra futuras ações indenizatórias por parte de novos detentores de títulos minerários, ou a ressarcimentos no caso de Autorizações de Pesquisa já concedidas mas que ainda não receberam a Concessão de Lavra.

10.1.7 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Os corpos hídricos são dinâmicos e complexos, funcionam como coletores naturais das paisagens, refletindo os usos e ocupações do solo de suas respectivas áreas de drenagem. A avaliação da qualidade das águas superficiais, por meio de indicadores tradicionais, fornece uma visão geral da qualidade deste recurso, contribuindo para as ações de controle de poluição e recuperação de sua qualidade que pode ser comprometida por processos naturais e antrópicos, tais como implantação de obras civis em travessias de drenagem.

10.1.7.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Neste item são especificadas as metodologias de trabalho estabelecidas para o tema Qualidade das Águas Superficiais, adotadas de acordo com as diferentes áreas de influência do empreendimento.

Área de Influência Indireta - AII

A Área de Influência Indireta – AII definida para o estudo de qualidade das águas superficiais compreende as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhis definidas pela Lei Estadual nº 9.034/94, onde se insere o traçado da dutovia ao longo de 612,4 km de extensão. O empreendimento Projeto Uniduto prevê a passagem por seis unidades hidrográficas, denominadas

respectivamente Ugrhi 07 – Baixada Santista, Ugrhi 06 – Alto Tietê, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Ugrhi 10 – Tietê-Sorocaba, Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu e Ugrhi 04 – Pardo. Entretanto, devido a extensão do empreendimento e a abrangência regional da Ugrhi, foi delimitada uma faixa de 10 Km de largura ao longo do traçado da dutovia (5 Km para cada lado da dutovia) para a qual foi dado o enfoque do estudo.

Nesse espaço de 10 km concentram-se as principais atividades antrópicas que demandam usos dos recursos naturais que poderão ser afetados direta ou indiretamente pela implantação do projeto. Trata-se de uma distância segura tanto para a dinâmica superficial como para eventuais riscos de vazamentos de poluentes para os corpos d'água envolvidos no traçado do empreendimento.

No presente estudo, a avaliação dos recursos hídricos superficias da Área de Influência Indireta – AII da dutovia foi pautada em dados secundários disponíveis nos órgãos públicos, na bibliografia especializada, entre outras fontes de consulta, a partir das quais foram abordados para cada Ugrhi os seguintes temas:

- Aspectos hidrográficos: inclui informações gerais sobre a rede hídrica, compreendendo as principais sub-bacias e a inserção dos territórios municipais em relação ao traçado do empreendimento.

- Disponibilidade hídrica e usos das águas: são mencionadas as vazões e os usos consuntivos e não consuntivos mais relevantes nas respectivas Ugrhis, destacando-se na faixa de 10 km da AII os pontos de captação destinados ao abastecimento público. Especificamente para os usos das águas cabe destacar os levantamentos realizados no Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – Daee, no qual obteveram-se os pontos outorgados destinados ao abastecimento público, derivações destinadas ao atendimento privado (indústrias, irrigação entre outras atividades rurais), lançamento de efluentes, bem como outorga de travessias de drenagens.

- Classificação das águas: aponta a classe dos corpos d'água inseridos na AII à luz do Decreto Estadual nº 10.755/77 referente ao enquadramento destes no Estado de São Paulo e de acordo com a Resolução Conama nº 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

- Fontes de poluição: refere-se à avaliação global das cargas poluidoras geradas nas Ugrhis que podem comprometer a qualidade dos corpos d'água.

- Qualidade da água: tem como base a rede de monitoramento da Cetesb inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos com foco na faixa de 10 Km da AII, que corresponde à largura de 5 Km de cada lado do traçado da dutovia.

  Para tanto, utilizaram-se os dados mais recentes disponíveis (Cetesb, 2009), cujos resultados são expressos por meio dos seguintes indicadores:

  - Índice de Qualidade da Água (IQA): é determinado pelo produtório ponderado dos parâmetros temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5\ dias,\ 20^oC}$), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. O índice de qualidade da água bruta é classificado nas categorias Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo.

- Índice de Abastecimento Público (IAP): é composto pela ponderação dos resultados do Índice de Qualidade de Água (IQA) sendo também avaliadas as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, que são advindas, principalmente, de fontes difusas. O IAP também é expresso através dos padrões Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo.

- Índice de Estado Trófico (IET): tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, considerando as concentrações de fósforo e de clorofila-a, de acordo com os seguintes padrões: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico.

- Balneabilidade: nas praias de água doce (reservatórios) e do mar, o índice de balneabilidade resulta das análises de coliformes fecais (termotolerantes) efetuadas em cinco semanas consecutivas, configurando um ambiente Próprio ou Impróprio para recreação de contato primário, segundo critérios da Resolução Conama 274/00. De acordo com a média anual, as praias são qualificadas segundo os padrões Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo.

O Mapa de Hidrografia e Qualidade das Águas Superficias da AII está apresentado no **Anexo 17.V-1**.

Área de Influência Direta - AID

A Área de Influência Direta – AID do empreendimento Projeto Uniduto compreende uma faixa de 1 km para cada lado do traçado da dutovia ao longo de seus de 612,4 km de extensão, abrangendo a zona costeira, os canais do estuário de Santos e as águas interiores que compõem as bacias pertencentes à Ugrhi 07 – Baixada Santista, à Ugrhi 06 – Alto Tietê, à Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí, à Ugrhi 10 – Tietê, Sorocaba, à Ugrhi 09 - Mogi-Guaçu e à Ugrhi 04 – Pardo.

Para a avaliação dos recursos hídricos da AID, foram utilizados dados secundários disponíveis na bibliografia especializada, além de vistorias técnicas realizadas nessa área nos meses de março, abril, julho, novembro, dezembro de 2009 e janeiro, fevereiro e maio de 2010, com apoio de cartas de hidrografia geradas na escala 1:10.000 (ver Capítulo 4**-**Abordagem Metodológica Geral – item 4.12. Material Cartográfico).

Essas informações foram consolidadas nos **Quadros 10.1.7.3-1, 10.1.7.3-3, 10.1.7.3-4, 10.1.7.3-5, 10.1.7.3-6, 10.1.7.3-11, 10.1.7.3-12, 10.1.7.3-13, 10.1.7.3-17, 10.1.7.3-19 e 10.1.7.3-21** – Caracterização dos Recursos Hídricos da AID, que apresentam os aspectos abaixo listados, permitindo identificar, através da leitura das colunas, as características ao longo do caminhamento do traçado da dutovia, desde o marco zero, na instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) até o terminal Serrana (km 419), incluindo os trechos Santa Bárbara–Anhembi e Anhembi-Botucatu com 115 km de extensão e o trecho Santa Bárbara–Paulínia com 39 km.

- Ugrhi/Sub-bacia: corresponde à unidade hidrográfica estadual e à respectiva sub-bacia de drenagem onde se insere o corpo d´água a ser transposto pela dutovia.
- Município: indica os territórios municipais que são transpostos pela dutovia.
- Marcos de quilometragem da dutovia (km): corresponde à subdivisão do traçado em intervalos de 10 km com início na instalação portuária marítima *offshore* (monoboia). Para facilitar a localização das intercepatções, pontos de captção e pontos de monitoramento da Cesteb, os marcos de quilometragem foram apresentados de um em um quilômetro.

- Rede de drenagem: indica os principais cursos d'água que drenam a faixa da AID em toda a extensão do empreendimento, incluindo também a faixa marítima.
- Usos das águas: abrange os usos das águas mais relevantes, destacando-se na faixa de 2 km da AID (1 km para cada lado da dutovia), os pontos de captação destinados ao abastecimento público, entre outros usos outorgados pelo Daee.
- Classificação das águas: aponta a classe dos corpos d'água inseridos na AID à luz do Decreto Estadual n°10.755/77 referente ao enquadramento dos corpos hídricos de São Paulo e de acordo com a Resolução Conama nº 357/05, que dispõe sobre a classificação desses recursos além de fixar diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.
- Fontes de poluição: são consideradas na AID as principais cargas poluidoras de origem pontual (esgotos sanitários, industriais e de atividades portuárias) e difusa (uso do solo urbano e rural), ressaltando-se a existência de áreas legalmente protegidas que restringem o fluxo de materiais poluentes aos cursos d'água.
- Qualidade da água: são feitas inferências com base nas fontes de poluição identificadas, nos dados de inspeção de campo e, quando disponíveis, nos resultados de monitoramento da Cetesb.
- Sistema Aquático: considera-se nessa avaliação o regime hidrológico predominante (lótico e lêntico), além dos resultados da rede de monitoramento da Cetesb disponíveis na AID.

Área Diretamente Afetada - ADA

A Área Diretamente Afetada - ADA do Projeto Uniduto corresponde à área de intervenção direta das obras do empreendimento. Essa área compreende a uma faixa de 15 metros de largura ao longo do eixo da dutovia. Nos trechos considerados de maior fragilidade/sensibilidade ambiental, como ocorrência de fragmento de vegetação em estágios médio e avançado de regeneração (inserido ou não em área de preservação permanente) e transposição de Unidade de Conservação, essa faixa foi reduzida para 10 metros.

Os sete terminais de distribuição e/ou concentradores dos produtos, a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia), o porto fluvial (rio Tietê – município de Anhembi), além do trecho subaquático da dutovia (trecho *offshore*), também correspondem à ADA do empreendimento. É importante ressaltar que em alguns trechos (travessias de alguns corpos d'água e outras interferências como estradas, linhas de alta tensão e dutos) serão utilizados métodos não destrutivos para a implantação da dutovia. A faixa da ADA, portanto, foi interrompida nesses trechos, pois não haverá intervenção direta do empreendimento.

Para o diagnóstico da qualidade das águas superficiais, a ADA foi definida como sendo a área de intervenção direta do empreendimento com os corpos hídricos. São consideradas, portanto, todas as travessias de corpos d'água; trecho *offshore* do empreendimento (região marinha na qual será implantada a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) (UTM SAD 69 24°04'30" (S) e 46°17'30" (W)) e o trecho subaquático da dutovia); rio Icanhema (nas proximidades do terminal Guarujá e da dutovia), e o porto fluvial localizado no rio Tietê, no município de Anhembi.

A avaliação dos recursos hídricos na ADA apóia-se fundamentalmente nas observações de campo realizadas nos meses de março, abril, julho, novembro, dezembro de 2009 e janeiro, fevereiro e maio de 2010 com apoio de cartas de hidrografia já mencionadas.

Esses levantamentos são consolidados nos **Quadros 10.1.7.3-2, 10.1.7.3-7, 10.1.7.3-8, 10.1.7.3-9, 10.1.7.3-10, 10.1.7.3-14, 10.1.7.3-15, 10.1.7.3-16, 10.1.7.3-18, 10.1.7.3-20 e 10.1.7.3-22** - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA que apresentam, além das informações sobre Ugrhi, municípios, marcos de quilometragem, anteriormente citados na AID, os seguintes registros de campo:

- Interceptações/Travessias de drenagem: compreendem os cruzamentos dos corpos d'água previstos em todo trajeto, identificados pela quilometragem do traçado e pela denominação do curso d'água. A lista de travessias de drenagens e corpos d'água com seus respectivos métodos construtivos está apresentada no **Anexo 17.III-3 – Lista de interferências e métodos construtivos**, elaborado pelo Consórcio de Engenharia do Projeto Uniduto. A solicitação de outorga de travessia dos corpos d'água ao Daee foi feita considerando a lista de interferências do Consórcio de Engenharia, cujos protocolos encontram-se no **Anexo 17.I-8.2**. Nesse mesmo anexo encontram-se as outorgas de travessias já emitidas e publicadas pelo Daee – Diretoria de Ribeirão Preto (as demais solicitações de outorgas foram encaminhadas para as Diretorias de São Paulo e de Piracicaba).
- Pontos de inspeção: referem-se à denominação sequencial dos cruzamentos de drenagens analisados nesta etapa do projeto, desde o número 0 (rio do Meio) no Guarujá até o número 303 (ribeirão dos Toledos) em Santa Bárbara d'Oeste. Do número 304 (rio Piracicaba) em Santa Bárbara d'Oeste segue até o número 369 (afluente do ribeirão Tamanduá) no município de Serrana, do número 370 em Botucatu até o 470 (afluente do ribeirão dos Toledos) em Santa Bárbara d'Oeste e do número 472 até o 483 em Paulínia. Além dos pontos pré-determinados para vistoria, foram também observadas algumas drenagens de interesse situadas ao longo do traçado, que receberam a mesma numeração da drenagem mais próxima, acrescida de uma letra. Foram vistoriados, no total, 183 pontos de drenagem.
- Coordenadas: compreende o registro das coordenadas UTM (SAD 69) obtidas em campo em cada travessia (GPS), permitindo identificar sua localização geográfica, segundo o mapa correspondente.
- Data: consta o registro da data de inspeção em campo.
- Condições Climáticas: no momento dos levantamentos de campo, foram anotadas as condições predominantes do tempo, permitindo estabelecer uma correlação entre o estado da qualidade da água e a ocorrência de chuvas no período.
- Características da drenagem: compreendem as anotações referentes ao curso d'água inspecionado, incluindo regime hidráulico, largura aproximada, velocidade de corrente, influência de marés, entre outras.
- Intervenções na drenagem: aponta eventuais intervenções observadas no local de travessia, tais como retificações, dragagem do leito, barragens, obras de arte, como pontes, bueiros, entre outras.
- Mata ciliar: são verificadas as condições da vegetação (preservada, alterada ou inexistente) do entorno das drenagens, incluindo manguezais, com o intuito de avaliar o potencial de assoreamento dos rios, manutenção da fauna aquática e alterações na qualidade da água, especialmente relacionada ao aporte de sólidos.
- Ocupação do entorno: são anotadas as características predominantes de uso do solo nas imediações do curso d'água avaliado, de forma a identificar eventuais fontes pontuais e difusas de poluição das águas.

- Fontes de poluição: em cada ponto de inspeção, são registrados lançamentos de esgotos domésticos (ou de outra origem), presença de resíduos sólidos nas margens, ou outra fonte poluidora ou contaminante que possa causar interferências nos aspectos qualitativos dos recursos hídricos.
- Qualidade das águas: reflete o conjunto de informações obtidas, dando ênfase aos aspectos associados à turbidez, coloração das águas, eventual presença de óleos e graxas, resíduos diversos e sinais de assoreamento.
- Sistema Aquático: é observada proliferação de algas e de macrófitas aquáticas e o predomínio de ambientes lóticos ou lênticos, que tem influência direta no estabelecimento desses organismos.
- Registro Fotográfico: em todos os pontos visitados, são feitos registros fotográficos para documentação das condições predominantes do curso d'água e seu entorno imediato na fase anterior à implantação do empreendimento.

Particurarmente, para o rio Tietê (município de Anhembi), o trecho *offshore* do empreendimento (região marinha) e o rio Icanhema nas proximidades do terminal Guarujá, foram feitas coletas de água e sedimentos nos dias 03 de dezembro de 2009 e 12 de janeiro de 2010, respectivamente, em época de chuva. A avaliação desses dados foi consolidada nos itens 10.1.8.1**.** rio Icanhema e trecho *offshore* e 10.1.8.2. rio Tietê (município de Anhembi), itens estes que apresentam previamente os métodos específicos de coleta e análise.

O conjunto de informações obtido nas diferentes áreas de influência são de grande relevância para compor um panorama da AID e da ADA, servindo como elemento de referência para avaliação da futura inserção do empreendimento sob o ponto de vista dos recursos hídricos.

O Mapa de Hidrografia, Qualidade das Águas Superficiais e Pontos de Amostragem de Água, Sedimentos, Bentos e Ictiofauna da AID e ADA está apresentado no **Anexo 17.V-2**.

A seguir, são descritas informações da AII, AID e da ADA relativas à Ugrhi 7 – Baixada Santista (item 10.1.7.3.1), UHRGI 6 – Alto Tietê (item 10.1.7.3.2), UGRI 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí (item 10.1.7.3.3), Ugrhi 10 – Tietê, Sorocaba (item 10.1.7.3.4), Ugrhi 9 – Mogi-Guaçu (item 10.1.7.3.5) e Ugrhi 4 – Pardo (item 10.1.7.3.6), compreendendo aspectos hidrográficos, usos das águas, classificação das águas, principais fontes de poluição e qualidade da água.

10.1.7.2 Área de Influência Indireta (AII)

De acordo com a subdivisão de bacias do território brasileiro estabelecida pela Resolução CNRH n° 32/2003, a Área de Influência Indireta (AII) definida para o empreendimento Projeto Uniduto, objeto do presente estudo, está inserida nas Regiões Hidrográficas das Bacias do Atlântico Sudeste e do Rio Paraná.

Segundo a Lei Estadual nº 9.034/94, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos em São Paulo, essas bacias integram respectivamente as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 07 – Baixada Santista, Ugrhi 06 – Alto Tietê, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Ugrhi 10 – Tietê-Sorocaba, Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu e Ugrhi 04 - Pardo, cujas características são descritas, a seguir, nos itens 10.1.7.2.1., 10.1.7.2.2., 10.1.7.2.3., 10.1.7.2.4., 10.1.7.2.5. e 10.1.7.2.6.

Na **Figura 10.1.7.2-1**, a seguir, é apresentado o traçado da dutovia do emrpeendimento Projeto Uniduto no âmbito das distintas Ugrhis e respectivas sub-bacias..

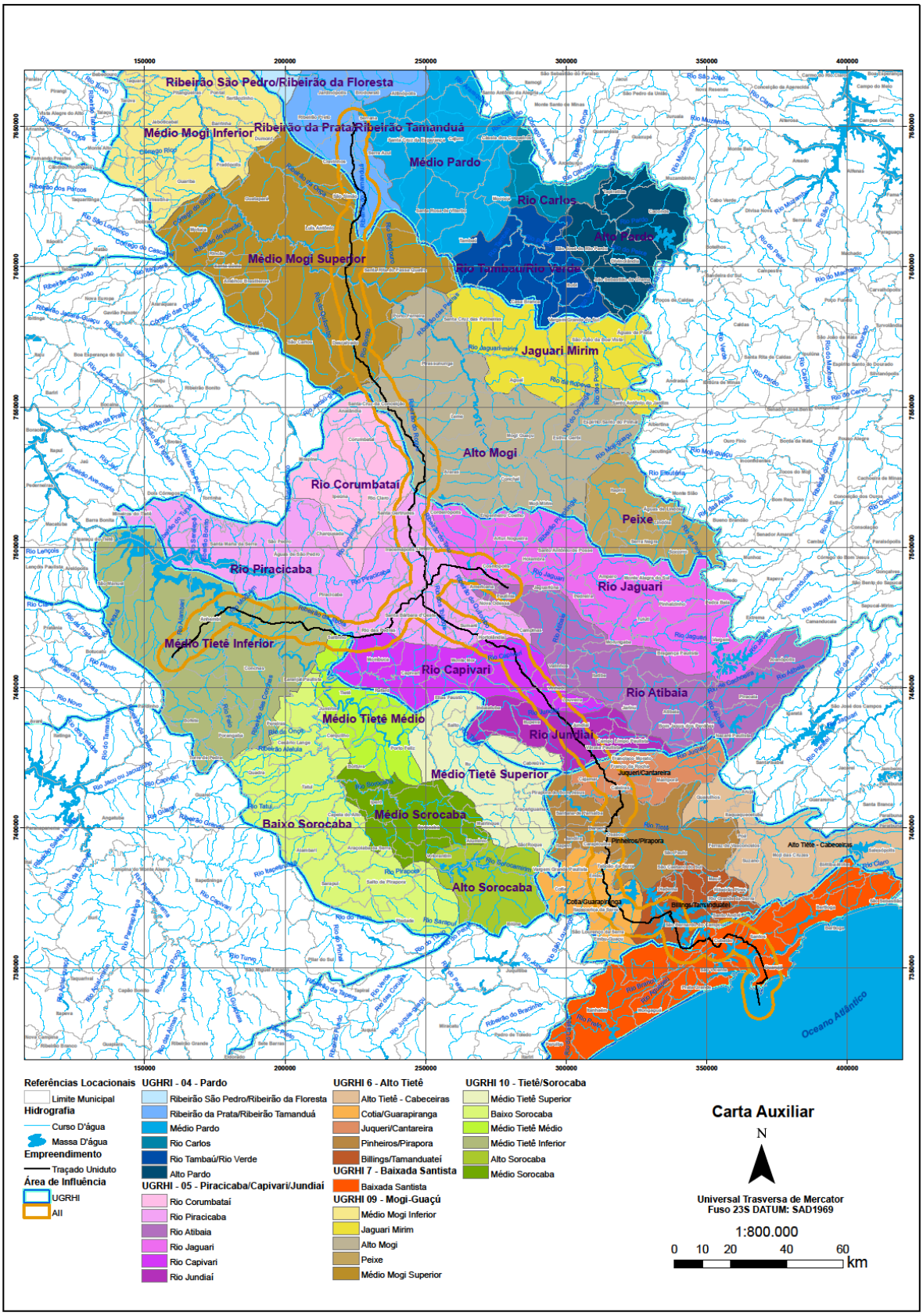


FIGURA 10.1.7.2-1: Traçado da dutovia no âmbito das Ugrhis do Estado de São Paulo, com destaque para o recorte de 10 km da Área de Influência Indireta.

10.1.7.2.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 07 – Baixada Santista

Aspectos Hidrográficos

Com 2.818 km^2 de área, a Ugrhi 7 compreende a Região Metropolitana da Baixada Santista, abarcando a totalidade dos municípios de Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, São Vicente, além de Guarujá, Santos e Cubatão que serão interceptados diretamente pelo empreendimento. Essa unidade abrange ainda parte dos municípios de Biritiba-Mirim, Mogi das Cruzes, São Bernardo do Campo, São Paulo, pertencentes à Região Metropolitana da Grande São Paulo – RMSP, e Itariri, situado no Vale do Ribeira (CBHS/Daee 2007).

Em geral, a região da Baixada Santista comporta dois grupos básicos de rios: os que nascem na Serra do Mar e aqueles originados na própria planície.

A vertente marítima da Serra do Mar abriga as nascentes dos principais cursos d'água que drenam a Ugrhi 7. Nessa faixa de relevo de alta declividade, os rios encontram-se sob forte influência das precipitações e apresentam regime hidráulico tipicamente torrencial, com sucessivas corredeiras e cachoeiras, proporcionando uma elevada capacidade de transporte de sólidos, sobretudo durante a época de cheia.

Após vencer desníveis de até 1.100 m, esses cursos d'água atingem a planície marítima, de reduzida declividade, onde passam a ter regime hidráulico fluvial. A mudança imposta pela topografia plana acarreta uma redução abrupta na capacidade de transporte de sólidos pela correnteza, favorecendo a deposição de sedimentos. As calhas fluviais passam a ter um alto índice de meandramento, com dinâmica hidráulica influenciada pelo regime das marés, sobretudo nos trechos próximos aos estuários.

Nesse cenário, as ilhas de São Vicente e Santo Amaro atuam como um verdadeiro anteparo ao fluxo das águas continentais. Ao escoarem em direção ao oceano, as águas passam por dois canais preferenciais – o canal dos Barreiros e o canal de Piaçaguera que formam, respectivamente, os estuários de São Vicente e de Santos, desaguando a seguir na baía de Santos.

No total, a Ugrhi 7 integra 21 sub-bacias que comportam águas doces, salobras e salinas. Entre estas, merece destaque na AII a sub-bacia 13 – Ilha de Santo Amaro, que corresponde ao território municipal de Guarujá onde serão instaladas as estruturas da instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) e do terminal Guarujá. A Ilha de Santo Amaro é banhada a oeste pelo estuário de Santos, ao norte pelo canal de Bertioga, e ao sul e a leste pelo Oceano Atlântico. Os rios que drenam a sub-bacia 13 têm suas nascentes nos pontos mais elevados da Ilha de Santo Amaro e fluem em direção aos canais de Bertioga, Piaçaguera ou diretamente para o mar.

Merecem destaque ainda na faixa da AII as sub-bacias 15 (rio Jurubatuba), 16 (rio Quilombo), 12 (rio Moji) e 09 (rio Cubatão) todas com cabeceiras na Serra do Mar, atingem a planície costeira para desaguarem no estuário santista.

DINÂMICA DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUAS NA AII

A faixa de 10 km da AII contempla inicialmente a região marítima costeira do Guarujá, desde as proximidades da ilha da Moela, onde se encontra a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) (km 0 até a costa marítima km 7), entre a Ponta do Munduba e a Praia do Guaiúba. A seguir, a dutovia cruza a planície do rio Icanhema, no lado oposto da vertente litorânea do morro de mesmo nome, onde se localiza o terminal Guarujá.

A seguir, ainda na faixa da AII, o traçado tangencia o Centro Industrial e Naval do Guarujá - CING, prosseguindo em direção aos municípios de Santos e de Cubatão, na região do estuário de Santos. Entre os km 46 e 48, na AII, encontra-se a zona serrana e, em seguida, o empreendimento alcança o planalto, no município de São Bernardo do Campo, na região do reservatório de Rio das Pedras. À altura do km 61, a dutovia ultrapassa definitivamente o limite da Ugrhi 7 – Baixada Santista, adentrando na bacia do Alto Tietê (Ugrhi 6).

Assim, o sistema aquático da AII na Ugrhi 7 compreende três ambientes distintos: as bacias hidrográficas que fornecem água doce, a zona estuarina (canal de Santos, canal de São Vicente e a baía de Santos) e a região costeira que supre esse sistema com águas oceânicas.

A maioria dos rios que drenam essa área, tais como Moji, Piaçaguera, Perequê, Quilombo, Jurubatuba, Diana, Onça e Cubatão, pertencem ao lagamar do estuário. Os trechos inferiores desses cursos d'água sofrem influência das marés, compondo a região flúvio-marítima; contudo, não se observa nessa zona estuarina o caso clássico de interceptação do fluxo das águas dos rios pela elevação do nível do mar.

Na Baixada Santista, são registradas marés semidiurnas, duas preamares e duas baixa-mares por dia, com amplitude média de 0,926 m. A intrusão das águas do mar durante a amplitude máxima da maré ocorre através de uma cunha salina, de maior densidade, que penetra pelas camadas inferiores dos rios em direção às suas nascentes. Na baixa-mar, há uma inversão do fluxo de corrente e as águas continentais tendem a chegar ao mar pela superfície.

Na maré baixa, o escoamento no sentido do mar resulta em fenômenos físicos de transporte comuns, sendo que a carga poluente tende a alcançar com maior velocidade a zona costeira. Durante a maré alta, a redução na velocidade de escoamento dos cursos d'água reduz o potencial de autodepuração das águas, de forma que os poluentes passam a se concentrar no trecho inferior dos rios.

A menor densidade da água doce, quando comparada à água do mar, produz uma estratificação que tende a resistir à mistura vertical. As correntes das marés, que escoam sobre o fundo relativamente raso do estuário, provocam a mistura turbulenta dos deflúvios dos rios com as águas salgadas provenientes da baía. Na maior parte do tempo, pode subsistir uma camada de transição, denominada haloclina, que separa a porção superior da inferior, de diferentes salinidades.

Os canais do estuário de Santos e de São Vicente são considerados parcialmente misturados (Cetesb/IO,1978). A fração da água doce que chega ao canal de Santos diminui das cabeceiras (63%) para a foz do canal (21%). De modo geral, a vazão média efluente que escoa pela boca do canal do estuário de Santos é de 650 m^3/s, estimando-se 140 m^3/s de água doce e 510 m^3/s de água salgada proveniente do oceano. O tempo médio de renovação das águas varia entre cinco dias na foz do canal e dois dias na região de cabeceiras, sendo necessários dez ciclos de marés de sizígia para compor essa quantidade de água.

Devido às características de circulação das águas na zona estuarina, que propiciam a retenção de nutrientes e de microrganismos, essa região é biologicamente mais produtiva quando comparada a dos rios e oceanos adjacentes (Martins, 2005).

A mistura da água doce e salina possibilita também o desenvolvimento de uma extensa zona de manguezais que recobria, originalmente, cerca de 20% de toda a Baixada Santista. Esta faixa de vegetação está hoje concentrada ao longo do rio Itapanhaú, do canal de Bertioga, nos estuários de Santos e de São Vicente, contendo ainda porções remanescentes às margens dos rios Santo Amaro, do Meio e Icanhema.

Disponibilidade Hídrica e Usos das Águas

As águas superficiais da Ugrhi 7 são destinadas a uma ampla gama de usos, como abastecimento público, recepção de esgotos de origem doméstica e industrial, pesca de subsistência e recreação, esportes náuticos, geração de energia elétrica, extração de areia, implantação de marinas e zona portuária.

Segundo consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista – Ugrhi 07-BS (2004-2007), a disponibilidade hídrica média regional é calculada em 155 m³/s e a mínima ($Q_{7,10}$) em 38 m³/s.

A essa vazão natural, acrescenta-se um aporte proveniente do sistema Alto Tietê. Essa transferência de vazão da Ugrhi 6 para a Ugrhi 7 ocorre através do Canal de Fuga da usina hidrelétrica de Henry Borden, localizada na base da Serra do Mar, em Cubatão. A água é revertida a partir do reservatório Billings que, por sua vez, recebe água do rio Pinheiros, através da Estação Elevatória de Pedreira.

Devido aos problemas gerados pelo fluxo de carga poluidora à represa Billings, determinou-se pela Resolução Conjunta SMA/SES 03/92, de 04/10/92, atualizada pela Resolução SEE-SMA-SRHSO-I, de 13/03/96, que o bombeamento das águas do rio Pinheiros para esse reservatório é permitido apenas para o controle de cheias. A Resolução Conjunta SEE – SMA – SRHSO, nº 1, de 31/01/01, estabelece que as águas do canal do rio Pinheiros, após tratamento adequado, poderão ser bombeadas ao reservatório Billings, para fins de geração de energia elétrica adicional na usina Henry Borden, excetuando-se os casos previstos na Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO I/96.

Atualmente, o sistema de reversão opera com vazão mínima de 6 m^3/s, necessária para garantir o nível d'água da captação da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp no rio Cubatão, verificando-se aumentos significativos durante o controle de cheias. Desde agosto de 2007, passaram também a ocorrer bombeamentos esporádicos de 10 m^3/s, em função da melhoria das águas do rio Pinheiros promovida pela aplicação de testes do sistema de flotação e de remoção de flutuantes nesse canal.

Cabe destacar que os rios Capivari e Monos, formadores do rio Branco que deságua no oceano na cidade de Itanhaém, têm suas cabeceiras no Planalto Paulista e compõem a represa de Capivari-Monos na Ugrhi 7. As águas dessa represa são revertidas ao reservatório Guarapiranga (Ugrhi 6) e utilizadas para abastecimento público.

Na Ugrhi 7, as demandas consuntivas são voltadas essencialmente ao abastecimento doméstico e também industrial, que está concentrado no município de Cubatão. Segundo informações da Cetesb (2009), as vazões totais na Ugrhi 7 destinadas ao suprimento urbano (10,83 m³/s) e industrial (12,46 m³/s) somam 23,29 m³/s, valor que representa um comprometimento de aproximadamente 61% do total das vazões mínimas ($Q_{7,10}$).

De modo geral, há uma situação relativamente satisfatória quanto ao suprimento da população urbana com água tratada em toda a região da Baixada Santista, atingindo índices de 97%. O maior problema nessa região refere-se às elevadas demandas resultantes do atendimento à população flutuante durante a temporada.

No município de Guarujá, o abastecimento de água, a cargo da Sabesp, é realizado por meio do Sistema Produtor Jurubatuba, que é composto pelos rios Jurubatuba e Jurubatuba Mirim. A captação desse sistema situa-se na parte continental do município de Santos, fora da faixa da AII, a montante do traçado da dutovia do empreendimento Uniduto.

De acordo com a **Tabela 10.1.7.2.1-1** a seguir, e a **Figura 10.1.7.2.1-8,** apresentada ao final do item 10.1.7.2.6., são encontrados na faixa de 10 km da AII da dutovia na Ugrhi 7, cinco pontos de captação destinados ao abastecimento público, um localizado na área continental de Santos e os demais no município de Cubatão.

Tabela 10.1.7.2.1-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 7 – Baixada Santista

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Jurubatuba (1)	7.360.900	368.590	Santos
Rio Cubatão (2)	7.357.470	352.080	Cubatão
Rio Cubatão (3)	7.358.150	352.779	Cubatão
Rio Pilões (4)	7.356.971	347.523	Cubatão
Ribeirão Passareúva (5)	7.356.238	347.045	Cubatão

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

Classificação das Águas

O Decreto Estadual n°10.755/77 estabelece como classe 1 na Baixada Santista (Ugrhi 7) vários trechos de rios, sendo de interesse para o presente estudo a definição que inclui nessa categoria "todos os cursos d'água do litoral desde a divisa dos municípios de Santos (hoje Bertioga) com São Sebastião até a divisa de Mongaguá e Itanhaém até a cota 50". Os cursos de água não mencionados e abaixo das cotas citadas estão compreendidos na classe 2.

Conforme estabelecido pela Resolução Conama n° 357, de 17 de março de 2005 – Capítulo VI – Art. 42 -"Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atual forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente". O canal do estuário de Santos e as águas costeiras do município de Guarujá até o momento não foram submetidas ao enquadramento, de forma que essa região compreende "águas salobras e salinas – classe 1".

No **Quadro 10.1.7.2.1-1** abaixo é apresentada a classificação das águas segundo os usos preponderantes, de acordo com a Resolução Conama n° 357/05.

Quadro 10.1.7.2.1-1: Classificação das águas segundo os usos preponderantes.

Usos	Águas Doces Classe 2	Águas Salobras Classe 1	Águas Salinas Classe 1
Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.	X	X	
À proteção das comunidades aquáticas.	X	X	X
À recreação de contato primário conforme Resolução Conama nº 274 de 2000.	X	X	X
À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.	X		
À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.		X	
À aquicultura e à atividade de pesca.	X	X	X

Fonte: Resolução Conama nº 357/05.

Essa mesma Resolução trata, no Capítulo I – Art. 2º, sobre a classificação dos corpos d'água de acordo com o teor de salinidade: as águas doces apresentam concentração de sais igual ou inferior a 0,5‰, as águas salobras entre 0,5 ‰ a 30 ‰ e as águas salinas igual ou superior a 30‰.

Principais Fontes de Poluição

No ano de 1999, a Cetesb realizou um amplo diagnóstico da região da Baixada Santista, avaliando a contaminação de águas, de sedimentos e das comunidades aquáticas. Verificou-se que o pólo industrial de Cubatão representava o principal foco gerador de produtos contaminantes para a zona do estuário, não apenas pela diversidade de poluentes emitidos, mas também pelo volume lançado, muito superior a de outras fontes identificadas.

A bacia hidrográfica do rio Cubatão e o canal da Usiminas constituíam os mais importantes contribuintes de efluentes industriais. No Guarujá, detectou-se um foco relevante de poluição industrial nas imediações da foz do rio Santo Amaro. A deposição atmosférica a partir dos processos de combustão por indústrias também consistiam em importantes fontes geradoras de poluentes para o meio aquático, entre as quais Bifenilas Policloradas (PCBs), Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PHAs), dioxinas e furanos.

As cargas poluidoras de origem portuária foram consideradas diversificadas em virtude da ampla pauta de produtos manipulados pelos terminais, especialmente os de granéis líquidos. O tráfego constante de embarcações no canal de Piaçaguera, as operações de limpeza dos tanques e porões, os despejos de embarcações atracadas no porto e a perda de substâncias nas operações de carga e descarga de navios também geravam produtos contaminantes ao sistema hídrico.

Os passivos ambientais existentes no solo pela disposição irregular de resíduos sólidos industriais e por descarte de materiais dragados foram considerados fontes de alto risco para o ambiente estuarino e marinho, devido, sobretudo, à alta toxicidade, persistência e potencial de bioacumulação de alguns compostos. O lançamento de esgotos e resíduos domésticos não tratados na região representava expressiva carga de matéria orgânica, de nutrientes e de matéria fecal para o ambiente aquático.

Na época, verificou-se que os sedimentos apresentavam a maior variedade de contaminantes nas amostras realizadas. A bacia de evolução da Cosipa (hoje Usiminas), tida como uma das mais críticas, apresentou valores elevados de PCBs, PAHs metais e fenóis. Na foz do rio Santo Amaro, no Guarujá, também ocorreram concentrações elevadas de cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, zinco e PAHs.

Especificamente para os organismos aquáticos, detectou-se uma queda nos níveis de contaminação em relação a estudos anteriores efetuados na década de 80 para alguns metais (cádmio, chumbo, mercúrio) e compostos orgânicos (hexaclorobenzeno). Outros grupos de contaminantes que não haviam sido analisados anteriormente (PCBs, PAHs) apresentaram bioacumulação em várias espécies.

Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água na Ugrhi 7 conduzida pela Cetesb abrange águas interiores – doces (Cetesb, 2009); litorâneas – águas doces e salobras (Cetesb, 2009) e também águas salinas, as quais são monitoradas pelo programa de balneabilidade das praias (Cetesb, 2009).

A Rede Básica de Monitoramento (RB) de águas doces contida na faixa de 10 km da AII do empreendimento Projeto Uniduto inclui seis pontos de amostragem concentrados no município de Cubatão, conforme **Tabela 10.1.7.2.1-2** e **Figura 10.1.7.2.1-9**, apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6.

Tabela 10.1.7.2.1-2: Pontos de monitoramento de águas doces na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 07 – Baixada Santista.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CFUG 02900	7.358.677	352.112	Canal de Fuga	RB	Canal de Fuga II da Usina Hidrelétrica Henry Borden na saída da turbina da Usina Externa.	Cubatão
CUBA 02700	7.357.382	351.843	Rio Cubatão	RB	Na ponte Preta, em frente à antiga Estação de Tratamento de Água do Rio Cubatão.	Cubatão
CUBA 03900	7.358.040	356.079	Rio Cubatão	RB	Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiaí cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê.	Cubatão
MOJI 02800	7.361.364	359.385	Rio Moji	RB	Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá.	Cubatão
PERE 02900	7.359.635	355.639	Rio Perequê	RB	No Rio Perequê, junto à captação da Carbocloro.	Cubatão
PIAC 02700	7.360.860	358.201	Rio Piaçaguera	RB	Ponte localizada na Usiminas, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubos Trevo.	Cubatão

Fonte: Cetesb – 2009

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69

Legenda: RB = Rede Básica

Conforme anteriormente citado, as variáveis analisadas compõem vários indicadores, destacando-se o Índice de Qualidade da Água – IQA, o Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público – IAP e o Índice de Estado Trófico – IET.

Os resultados obtidos, descritos em termos de valores médios anuais para 2008, são relacionados a seguir na **Tabela 10.1.7.2.1-3**. Na **Figura 10.1.7.2.1-10**, apresentada no final do item 10.1.7.2.6**.**, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

Tabela 10.1.7.2.1-3: Resultados do Monitoramento das Águas na AII Ugrhi 7 – Valores Médios (2008).

Cód. Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	IQA	Média IAP	IAP	Média IET	IET
CFUG 02900	Canal de Fuga	73	Bom	42	Regular	57,38	Mesotrófico
CUBA 02700	Rio Cubatão	65	Bom	52	Boa	49,60	Oligotrófico
CUBA 03900	Rio Cubatão	56	Bom	-	-	54,59	Mesotrófico
MOJI 02800	Rio Moji	47	Regular	-	-	71,24	Hipereutrófico
PERE 02900	Rio Perequê	62	Bom	-	-	49,19	Oligotrófico
PIAC 02700	Rio Piaçaguera	43	Regular	-	-	53,46	Supereutrófico

Fonte: Cetesb – 2009

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico)

Em geral, o rio Piaçaguera mostra uma condição crítica no ponto monitorado (PIAC 02700), devido ao aporte de esgotos doméstico e industrial. Em consequência, registram-se baixos índices de oxigênio dissolvido, elevadas concentrações de sólidos totais e de coliformes termotolerantes, o que configura um resultado de IQA predominantemente Regular. Vale ressaltar que este rio, no ponto monitorado, vem apresentando melhora na qualidade das águas em comparação com anos anteriores.

O rio Moji revela uma situação ligeiramente melhor, com IQA Regular (MOJI 02800), porém, suas águas ainda mantêm elevadas concentrações de nitrogênio e de fósforo e também acidez pronunciada, especialmente no trecho compreendido entre o viaduto da Usiminas e o ponto de captação de água desta empresa.

Obteve-se um padrão de qualidade mais favorável no rio Perequê (PERE 02900), bem como no rio Cubatão (CUBA 03900 e CUBA 02700) e no Canal de Fuga II (CFUG 02900), resultando em IQA Bom ao longo de 2008.

Em relação ao IET, os rios Piaçaguera e Moji mostram níveis supereutróficos e hipereutróficos, respectivamente, enquanto que as demais localidades oscilam em média entre os estados oligotrófico (rio Perequê e Cubatão) a mesotrófico (Canal de Fuga II e rio Cubatão).

Embora os resultados de IQA tenham apresentado enquadramento Bom e Regular, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF variaram de Bom a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão discutidos no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2 Invertebrados Bentônicos.

Importante ressaltar que a rede de monitoramento da Cetesb controla os corpos d'água situados a montante dos estuários de Santos e São Vicente. Contudo, essas fontes podem estender sua influência nos padrões de qualidade da água a jusante, principalmente quanto ao transporte de elementos conservativos, como metais pesados. A análise dos sedimentos coletados no rio Moji caracteriza esse trecho de rio como uma zona tipicamente sedimentar, com composição tipicamente orgânica e de elevado potencial de associação com contaminantes e nutrientes.

RESULTADOS DE BALNEABILIDADE

As águas litorâneas (doces e salobras) são monitoradas semestralmente pela Cetesb (2009 op. citado). O canal do estuário de Santos está incluído neste programa desde 2005, compreendendo análises semestrais de água e de sedimentos, em dois pontos de amostragem inseridos na faixa da AII (pontos 1 e 2), segundo ilustrado a seguir na **Figura 10.1.7.2.1-2**.

Verificou-se, no período avaliado, que os sedimentos desse canal apresentam uma composição tipicamente orgânica, associada principalmente aos esgotos lançados na região, sendo detectados metais pesados, PAHs e teste positivo de toxicidade (efeito crônico) para o organismo *L. variegatus.*

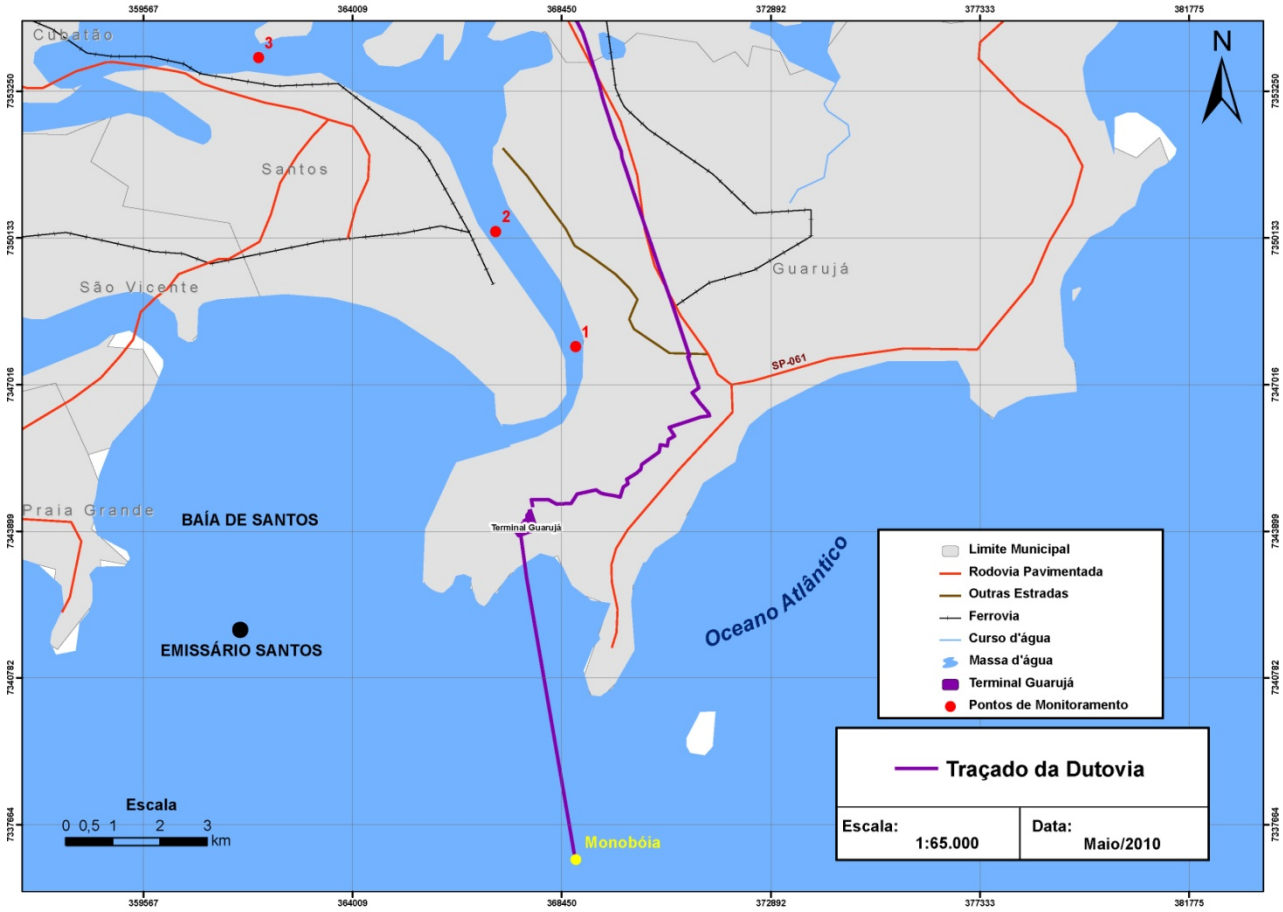


FIGURA 10.1.7.2.1-1: Pontos de amostragem de águas litorâneas no canal do Estuário de Santos.

Nas praias, a condição da balneabilidade resulta basicamente da qualidade das águas litorâneas afluentes que, em geral, são receptoras de esgotos domésticos não tratados e de detritos diversos carreados pelas chuvas. No município do Guarujá, são analisados por este programa oito pontos na faixa de 10 km da AII, abrangendo as praias de Guaiúba, Tombo, Astúrias, Pitangueiras e Enseada. No município de Santos, essa faixa engloba quatro pontos de monitoramento de balneabilidade situados respectivamente na Ponta da Praia, Aparecida, Embaré e Boqueirão.

Os resultados do monitoramento realizado pela Cetesb (2009) indicam para o ano de 2008 uma qualificação Regular para a maioria das praias do Guarujá, com exceção do Perequê que apresentou condição Péssima. Em Santos, as praias monitoradas neste ano se enquadram nas categorias Ruim e Péssima, não atendendo aos requisitos estabelecidos para atividades de contato primário.

10.1.7.2.2 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 06 – Alto Tietê

Disposta em uma área de 5.985 km^2, a bacia do Alto Tietê localiza-se inteiramente no Estado de São Paulo, no Planalto Atlântico, a uma altitude média de 750 m acima do nível do mar. Essa bacia é definida pela área de drenagem do rio Tietê e de seus afluentes, desde sua nascente até a barragem de Pirapora, no município de Pirapora do Bom Jesus, onde percorre aproximadamente 133 km de extensão.

Com superfície em grande parte urbanizada, a delimitação física da Ugrhi 6 praticamente coincide com a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, abrangendo a maioria desses municípios, com exceção de Guararema e Santa Isabel.

Trata-se de uma bacia de cabeceira com vazão média em torno de 84 m^3/s. A precipitação média anual no Alto Tietê é de 1.410 mm, com período chuvoso compreendido entre outubro a março. Os índices pluviométricos são mais elevados nas cabeceiras, chegando a atingir valores da ordem de 4.000 mm anuais nos altos da Serra do Mar e decrescem entre 3.000 e 1.500 mm nas áreas de drenagem dos altos cursos dos rios Pinheiros, Taiaçupeba, Ribeirão Grande, Biritiba-Mirim e rio Claro (CETESB/HICSAN – ETEP, 1993).

Embora a maioria dos mananciais esteja localizada em zonas de alta pluviosidade, as condições de armazenamento de águas nessa bacia são desfavoráveis, em virtude da ocorrência de solos cristalinos, predominantemente argilosos que condicionam um regime de vazões fortemente associado aos índices pluviométricos. Essa situação foi agravada pela intensa urbanização ocorrida na Ugrhi 6 a partir da década de 1970, aumentando consideravelmente o processo de impermeabilização dos solos na RMSP.

Este conjunto de fatores resultou em uma baixa disponibilidade hídrica nessa unidade hidrográfica, de apenas 200 m³/hab/ano, quando o índice crítico segundo a Organização Mundial da Saúde é de 1.500 m³/hab/ano (PROCAM, 2009).

Na Ugrhi 6 vivem aproximadamente 19.500.000 habitantes (SEADE, 2007). As demandas consuntivas no Alto Tietê totalizam 86,42 m³/s (Cetesb, 2009, op.citado), estando voltadas ao abastecimento urbano (68,5 m³/s), industrial (14,33 m³/s) e irrigação 3,59 m³/s.

Aproximadamente 84% do esgoto produzido nesta Ugrhi é coletado, com índice de tratamento da ordem de 44% do esgoto gerado. A carga poluidora potencial é estimada em 1.007.903 kg/DBO/dia, resultando uma carga remanescente da ordem de 702.058 kg DBO por dia. Na última década, detectou-se uma redução das fontes de poluição lançadas no ambiente e uma melhoria na qualidade da água em alguns trechos dos rios Tietê e Pinheiros, refletindo a implantação de projetos que proporcionaram aumento nos índices de coleta, afastamento e tratamento dos esgotos sanitários na metrópole.

Para efeito de gerenciamento da bacia do Alto Tietê, efetuou-se uma subdivisão da Ugrhi 6 em cinco unidades hidrográficas distintas – (i) Alto Tietê-Cabeceiras, (ii) Juqueri - Cantareira, (iii) Pinheiros - Pirapora, que inclui as sub-bacias Penha-Pinheiros e Jusante Pinheiros-Pirapora, (iv) Cotia - Guarapiranga e (v) Billings - Tamanduateí (Figura 10.1.7.2-3). No presente estudo, destacam-se as quatro últimas bacias, nas quais está prevista a passagem da dutovia do empreendimento Uniduto desde o km 61, em São Bernardo do Campo, até o km 167, aproximadamente, no limite entre Cajamar e Jundiaí. Nesse trajeto, o empreendimento segue preferencialmente o percurso do Rodoanel Mário Covas trechos sul (inaugurado neste ano de 2010) e oeste.

A Ugrhi 6 conta com a operação de um complexo sistema de produção de águas voltado ao abastecimento público da RMSP, cujos reservatórios estão inseridos na Área de Proteção de Mananciais – APRMs da Billings e de Guarapiranga, definidas e regulamentadas pelas leis 13.579/2009 e 12.233/2006, respectivamente. Nesse trecho, a quase totalidade da faixa de 10 km da AII da dutovia está compreendida na APRM abragendo as represas Billings e Guarapiranga.

A seguir, descrevem-se as principais características das quatro bacias hidrográficas da UGHRI 6 de interesse neste estudo.

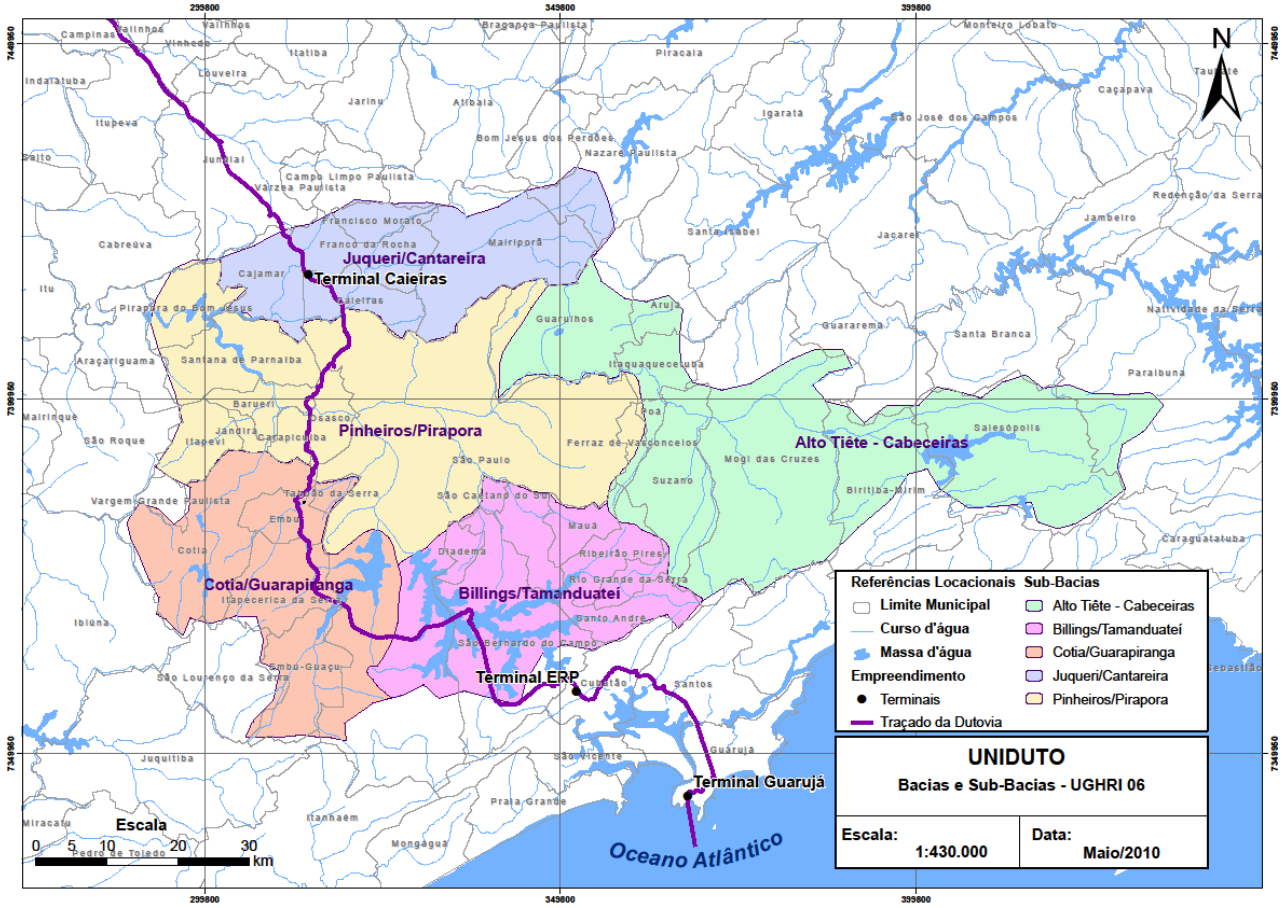


FIGURA 10.1.7.2.2-1: Traçado da dutovia no âmbito da Ugrhi 6 – Alto Tietê e suas respectivas sub-bacias.

Bacia da Billings-Tamanduateí

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A bacia da Billings-Tamanduateí abrange no total 1.025 km^2, onde se encontram os municípios de São Bernardo do Campo, Santo André, São Caetano, Mauá, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires, Diadema e São Paulo. A bacia de drenagem contribuinte para o reservatório Billings compõe uma área de 560 km^2 e tem como afluentes mais significativos os rios Grande, Pequeno, Bororé e Taquacetuba.

O percurso da dutovia nessa bacia se estende desde o km 61 até o km 86, aproximadamente, interceptando apenas os municípios de São Bernardo do Campo e de São Paulo. A faixa de 10 km da AII abrange nessa unidade hidrográfica área drenada pelo sistema Billings incluindo as cabeceiras do braço Capivari, a margem direita do braço Pedra Branca, o corpo principal do reservatório Billings e o braço Bororé. A seguir, a dutovia adentra na bacia Cotia – Guarapiranga.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USOS DAS ÁGUAS

Operado pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A – Emae, o reservatório Billings foi implantado visando o aproveitamento hidrelétrico da bacia do Tietê, por meio da usina Henry Borden, situada em Cubatão, no sopé da escarpa da Serra do Mar.

Informações da Fundunesp (2001) indicam que os limites da disponibilidade hídrica natural da Billings alcançam aproximadamente 30 m³/s. A essa vazão natural, deve ser somado o volume revertido pela Estação Elevatória de Pedreira, segundo definido pela legislação vigente que trata sobre o controle de cheias na metrópole.

O reservatório Billings armazena aproximadamente um bilhão de metros cúbicos de água, com tempo de residência variável em torno de 664 dias (Cetes, 2009). No final de 2008, essa represa operava com 75 % de sua capacidade, representando uma ganho volumétrico anual da ordem de aproximadamente 148 milhões de metros cúbicos.

Atualmente, a Billings exerce importante papel no controle de cheias na metrópole e, secundariamente, na geração elétrica da Usina Henry Borden, atuando ainda na complementação das necessidades hídricas da população da Baixada Santista e do pólo petroquímico de Cubatão. Nessa bacia, há dois importantes mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo: o braço do Taquacetuba, cujas águas são revertidas para o reservatório de Guarapiranga e o braço do Rio Grande, que foi isolado do restante do corpo principal visando o suprimento dos municípios de São Bernardo do Campo, São Caetano e Santo André. Este sistema opera com capacidade de 4,8 mil litros/s, e abastece 1,6 milhão de pessoas na região do ABC Paulista.

Conforme **Tabela 10.1.7.2.2-1** abaixo e **Figura 10.1.7.2.6-2,** apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6**,** e no **Anexo 17.V-1**, esse ponto de captação encontra-se inserido na faixa de 10 km da AII.

Tabela 10.1.7.2.2-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 6 – Alto Tietê

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Ribeirão Vermelho (6)	7.362.150	331.450	São Bernardo do Campo

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, verifica-se que os rios que drenam para o reservatório Billings, pertencem à classe 1:

"(i) Braço dos rios Bororé, Taquacetuba, Pedra Branca e Capivari e todos os afluentes a montante do primeiro cruzamento com a linha de alta tensão da Light, nos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo; (ii) Braço do rio Pequeno e todos os afluentes a montante do cruzamento com a via Anchieta, no município de São Bernardo".

O restante da bacia é enquadrado na classe 2, cujas águas são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

Conforme anteriormente descrito na apresentação da Ugrhi 6 – Alto Tietê, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da bacia da Billings - Tamanduateí resultam dos efluentes domésticos e industriais gerados na Região Metropolitana da Grande São Paulo e que são lançados no ambiente sem o adequado tratamento.

QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade das águas do reservatório Billings é fortemente influenciada pelo sistema de reversão das águas do canal de Pinheiros e do rio Tietê, através da Estação Elevatória de Pedreira, cujas águas apresentam concentrações elevadas de materiais orgânicos, de nutrientes minerais, de coliformes termotolerantes e de contaminantes químicos.

Como resultado de mais de cinco décadas de reversão das águas dos rios Pinheiros e Tietê, o reservatório Billings acumula nos sedimentos cerca de 50 milhões de metros cúbicos de lodo, com altura variável entre 7 e 25 m (Fundunesp, 2001).

No período posterior à Resolução Conjunta de 1992, o corpo central da represa apresentou melhoria significativa. Contudo, a qualidade desse manancial, avaliada no período de 1997-1998 pela Cetesb, indicava ainda a manutenção de um sistema eutrofizado ou hipereutrofizado, especialmente na região próxima à EE Pedreira, teores elevados de metais pesados e potencial de remobilização de contaminantes provenientes dos sedimentos.

Atualmente, o monitoramento da qualidade da água da Cetesb na bacia Billings - Tamanduateí abrange uma extensa rede de amostragem, compreendendo programas da Rede Básica (RB), de Controle de Sedimentos (SED), de Balneabilidade de Reservatórios (BAL) e de Monitoramento Automático (MAT).

Especificamente na faixa de 10 km da AII da dutovia, são encontrados 4 pontos de amostragem, dois dos quais se situam no corpo principal do reservatório Billings, um localiza-se próximo à sede da Ecovias e outro nas proximidades do bairro Batistini no município de São Bernardo do Campo. Este último foi eliminado do monitoramento Cetesb em 2008, em função das obras do Rodoanel. Para melhor caracterizar esta bacia foram selecionados outros pontos de monitoramento Cetesb também apresentados a seguir na **Tabela 10.1.7.2.2-2**, e na **Figura 10.1.7.2.6-3**.

TABELA 10.1.7.2.2-2: Pontos de Monitoramento na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia da Billings-Tamanduateí

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
BILL 02511**	7.368.488	337.602	Res. Billings	BAL	Próximo à sede da Ecovias.	São Bernardo do Campo
BILL 02100**	7.367.965	332.201	Res. Billings	SED	No meio do corpo central, na direção do braço do Bororé.	São Bernardo do Campo
BILL 02500**	7.368.022	337.155	Res. Billings	RB	No meio do corpo central, sob a ponte da rodovia dos Imigrantes	São Bernardo do Campo
BILL 02521***	7.367.293	338.012	Res. Billings	BAL	Praia Parque Imigrantes.	São Bernardo do Campo
BILL 02801***	7.369.633	343.733	Res. Billings	BAL	Em frente à ETE, próximo à barragem do Rio Grande.	São Bernardo do Campo
BILL 02900***	7.364.751	344.663	Res. Billings	RB	Próximo à barragem reguladora Biliings-Pedras (Summit Control).	São Bernardo do Campo
BILL 02900***	7.365.122	344.857	Res. Billings	MAT	Próximo à barragem reguladora Biliings-Pedras no Summit Control. (EF-11-Summit Control)	São Bernardo do Campo
BITQ 00100***	7.361.987	331.393	Braço Taquacetuba-Res. Billings	RB	Na baía situada no final da rua Tomekichi Inouye (captação da Sabesp)	São Paulo
BITQ 00100***	7.362.445	331.076	Braço Taquacetuba-Res. Billings	MAT	Na captação da Sabesp de Taquacetuba, estrada Santa Rita, n°1000, no bairro Herplin. (EF-10-Taquacetuba)	São Paulo
RGDE 02701***	7.370.595	347.460	Res. Rio Grande	BAL	Clube de Campo Sindicato dos Metalúrgicos do ABC.	São Bernardo do Campo
RGDE 02851***	7.370.239	345.737	Res. Rio Grande	BAL	Prainha do Parque Municipal Estoril, próximo ao Zoo.	São Bernardo do Campo
RGDE 02900***	7.369.564	345.971	Res. Rio Grande	RB	Próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp	São Bernardo do Campo
RGDE 02900***	7.370.278	343.670	Res. Rio Grande	MAT	Próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp. (EF -07-Rio Grande).	São Bernardo do Campo
RGDE 02901***	7.370.448	345.140.	Res. Rio Grande	RB	Praia do Parque Municipal do Estoril.	Osasco
BILL 02100***	7.371.998	332.409	Res. Billings	BAL	No meio do corpo central, na direção do braço do Bororé.	São Paulo

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69
** Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII
*** Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII
Legenda: RB (Rede Básica); MAT (Monitoramento Automático); BAL (Balneabilidade de Reservatórios); SED (análise de sedimentos)

As variáveis analisadas compõem os indicadores anteriormente mencionados, destacando-se: Índice de Qualidade da Água – IQA, Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público – IAP, Índice de Estado Trófico – IET e Balneabilidade de Reservatórios. Os resultados médios nesse período são relacionados na **Tabela 10.1.7.2.2-3.** Na **Figura 10.1.7.2.6-4**, apresentada no final do item 10.1.7.2.6, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

Tabela 10.1.7.2.2-3: Resultados do Monitoramento das Águas na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia da Billings - Tamanduateí – Valores Médios (2008)

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET	Balneabilidade Reservatórios
BILL 02511*	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	-
BILL 02100*	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	-
BILL 02500*	Res. Billings	80	Ótimo	-	-	59,73	Eutrófico	-
BILL 02521**	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	Regular
BILL 02801**	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	Regular
BILL 02900**	Res. Billings	82	Ótimo	-	-	62,32	Eutrófico	-
BILL 02900**	Res. Billings	-	-	-	-	-	-	-
BITQ 00100**	Braço Taquacetuba-Res. Billings	84	Ótimo	-	-	56,02	Mesotrófico	-
BITQ 00100**	Braço Taquacetuba-Res. Billings	-	-	-	-	-	-	Regular
RGDE 02701**	Res. Rio Grande	-	-	-	-	-	-	-
RGDE 02851**	Res. Rio Grande	-	-	-	-	-	-	-
RGDE 02900**	Res. Rio Grande	82	Ótimo	73	Boa	57,38	Mesotrófico	-
RGDE 02900**	Res. Rio Grande	-	-	-	-	-	-	-
RGDE 02901**	Res. Rio Grande	-	-	-	-	-	-	-
BILL 02100**	Res. Billings	64	Bom	-	-	60,56	Eutrófico	-

Fonte: Cetesb – 2009.
* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII
** Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII
Legenda: RB (Rede Básica); MAT (Monitoramento Automático); BAL (Balneabilidade de Reservatórios); SED (análise de sedimentos)

Em geral, os valores médios registrados em 2008 revelam para o reservatório Billings águas de ótima qualidade em todos os pontos monitorados, exceto para o ponto BILL 02100, que apresentou boa qualidade, conforme resultados expressos pelo IQA.

Do ponto de vista de abastecimento público, o IAP revela bom estado das águas no ponto RGDE 02900 (próximo a rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp). O potencial de formação de trihalometanos foi relativamente elevado em todos os meses monitorados em 2007, registrando-se teste positivo de mutagenicidade em algumas coletas realizadas neste ano. Esse mesmo ponto apresentou altas concentrações de cianobactérias, especialmente em julho (71.600 células/mL), ultrapassando o nível de 20.000 células/mL estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Ótimo e Bom em todos os pontos monitorados, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF variaram de Bom a Ruim. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Em geral, os resultados revelam uma melhora na qualidade das águas nessa bacia em relação aos anos anteriores. Quanto à balneabilidade, os valores obtidos mostram um padrão similar em todas as localidades amostradas, obtendo-se a qualificação Regular durante o ano de 2008.

Bacia do Cotia – Guarapiranga

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A bacia do Cotia - Guarapiranga, situada a sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo, ocupa uma área de 965 km^2, abrangendo duas unidades hidrográficas distintas: a bacia contribuinte do reservatório de Guarapiranga e a bacia do rio Cotia.

A bacia de Guarapiranga se estende por cerca de 640 km^2, onde se inserem os territórios municipais de São Paulo, Embu, Itapecerica da Serra e toda a área de Embu-Guaçu, além de pequenas parcelas territoriais de Cotia, São Lourenço da Serra e Juquitiba. Os principais contribuintes dessa represa são os rios Embu-Mirim e Embu-Guaçu, Santa Rita, Vermelho, Ribeirão Itaim, Capivari e Parelheiros.

O rio Cotia, afluente da margem esquerda do rio Tietê, drena parcialmente cinco municípios: Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu e Jandira. Devido às particularidades fisiográficas e de conservação ambiental, esse rio pode ser subdividido em dois trechos: o alto Cotia, onde se situam os reservatórios Pedro Beicht e das Graças na Reserva Florestal do Morro Grande, e o baixo Cotia que percorre a zona urbanizada de Cotia e de Carapicuíba.

A bacia do Cotia - Guarapiranga compreende três importantes mananciais de abastecimento da RMSP: a represa de Guarapiranga, o reservatório das Graças e o rio Cotia.

O percurso da dutovia nessa região se projeta desde o km 86 até o km 117, transpondo os municípios de São Paulo, Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Embu e Cotia. A faixa de 10 km da AII abrange o corpo principal da represa de Guarapiranga e prossegue predominantemente pela região do baixo Cotia, antes de entrar na bacia do Pinheiros - Pirapora. Nessa área, encontra-se o ponto de captação do rio Cotia, em Carapicuíba, que abastece a ETA do baixo Cotia conforme **Figura 10.1.7.2.6-2,** apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USOS DAS ÁGUAS

A bacia de Guarapiranga localiza-se em uma zona de transição entre as escarpas da Serra do Mar e o Planalto, sofrendo forte influência do clima serrano, com índices pluviométricos que chegam a atingir 2.000 mm anuais nas proximidades da serra.

O sistema produtor Guarapiranga é o segundo maior da RMSP, após o Cantareira, produzindo em média 14,5 m^3/s, vazão que abastece 3,2 milhões de pessoas da zona sul e sudoeste da capital (Sabesp, 2009). A água desse sistema é proveniente do reservatório de Guarapiranga, que conta com a vazão de seus formadores, acrescida da reversão das cabeceiras do rio Capivari (Ugrhi 7) e da represa Billings, através do braço do rio Taquacetuba, sendo tratada na Estação Alto da Boa Vista.

No início de 2008, o reservatório de Guarapiranga operou com cerca de 46% de sua capacidade. Ao final desse período, atingiu apenas 41% de volume máximo, representando uma perda volumétrica anual da ordem de 9 milhões de metros cúbicos (Cetesb, 2009, op.citado).

O Alto Cotia é um sistema produtor composto por duas represas interligadas através de um canal de 10 km de extensão (leito do rio Cotia). A represa de montante, Pedro Beicht, regulariza as vazões, enquanto a represa de jusante (das Graças) é operada para sobrelevar o nível d'água visando à captação e o transporte até a ETA Morro Grande. A produção desse sistema é de 1 m^3/s, abastecendo cerca de 400 mil habitantes dos municípios de Cotia, Embu, Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu e Vargem Grande.

No sistema produtor Baixo Cotia, a fonte de abastecimento é proveniente da barragem do rio Cotia situada no município de Carapicuíba, cuja vazão de 0,9 m^3/s é destinada ao abastecimento da zona oeste da Região Metropolitana, como Barueri, Jandira e Itapevi. O excedente hídrico do Sistema Cotia encontra-se com o rio Barueri e escoa para o rio Tietê. Conforme citado, esta área está contida na faixa de 10 km da AII da dutovia, conforme **Tabela 10.1.7.2.2-4** a seguir e **Figura 10.1.7.2.6-2** apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6.

Tabela 10.1.7.2.2-4: Ponto de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 6 – Alto Tietê

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Cotia (7)	7.395.442	309.872	Carapicuíba

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme Decreto Estadual 10.755/77 pertencem à classe 1:

- A represa de Guarapiranga e todos os seus afluentes com exceção do rio Embu-Mirim e seus afluentes até a barragem do município de São Paulo.

- Sistema Capivari e Monos e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp no município de São Paulo.

- Rio Cotia e todos os seus afluentes até a barragem das Graças, no município de Cotia.

Na classe 3 estão incluídos o rio Cotia e todos os seus afluentes desde a barragem das Graças, no município de Cotia, até a barragem de Isolina, na divisa dos municípios de Barueri e Carapicuíba.

O restante da bacia é enquadrado na classe 2, cujas águas são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

A bacia de drenagem de Guarapiranga apresenta, desde a década de 1960, áreas com ocupação desordenada que vêm intensificando o processo de poluição e de contaminação das águas desse reservatório. Atualmente, residem nessa área cerca de 750 mil pessoas, sendo que um percentual superior a 10% habita favelas, geralmente destituídas de infra-estrutura sanitária.

As ações de saneamento básico na bacia do Guarapiranga compreendem coleta dos esgotos sanitários de parcela dos municípios de São Paulo e de Embu, assim como de Itapecerica da Serra, com vistas a sua exportação para a bacia do rio Pinheiros, tendo como destino a ETE Barueri.

Inserido em uma reserva florestal, o sistema produtor Alto Cotia produz águas de boa qualidade, porém, esse panorama vem apresentando mudanças em função de atividades antrópicas desenvolvidas nessa área.

Na região do Baixo Cotia, o intenso processo de urbanização passou a comprometer a sua capacidade de produção e a qualidade das águas dessa represa, que são receptoras de esgotos domésticos e industriais.

QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento da qualidade da água conduzido pela Cetesb na bacia Cotia/Guarapiranga é representado por uma ampla rede de amostragem.

Especificamente na faixa de 10 km da AII da dutovia do Projeto Uniduto estão compreendidos seis pontos de monitoramento, contemplando programas da Rede Básica (RB) e de Balneabilidade de Reservatórios (BAL). Dois desses pontos situam-se na sub-bacia do rio Cotia, três deles encontram-se no reservatório de Guarapiranga, e um no rio Embu-Mirim, conforme especificação exposta na **Tabela 10.1.7.2.2-5** abaixo e na **Figura 10.1.7.2.6-2**, apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

Cabe mencionar que o ponto GUAR00100, no braço do rio Parelheiros, monitora também as águas revertidas através do reservatório Billings, além da contribuição dos rios Itaim e Parelheiros.

Tabela 10.1.7.2.2-5: Pontos de Monitoramento na AII
Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Cotia – Guarapiranga

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
COTI 03900	7.395.442	309.872	Rio Cotia	RB	No canal de captação de águas para a ETA	Carapicuíba
MOVE 03500	7.389.174	310.521	Rio Moinho	RB	No Ribeirão Moinho Velho, dentro da indústria Firminich	Cotia
EMMI 02900	7.375.578	318.006	Rio Embu-Mirim	RB	Ponte na estrada do M`Boi Mirim (SP-214)	São Paulo
GUAR 00051	7.371.291	319.618	Res. Guarapiranga	BAL	Na praia do Bairro do Crispim	São Paulo
GUAR 00071	7.372.891	319.683	Res. Guarapiranga	BAL	Praia na Associação dos Funcionários Públicos do Est. São Paulo	São Paulo
GUAR 00100	7.371.929	323.999	Res. Guarapiranga	RB	No meio do Braço do Rio Parelheiros, no bairro do Balneário São José	São Paulo

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69
Legenda: RB (Rede Básica); BAL (Balneabilidade de Reservatórios)

As variáveis analisadas compõem os indicadores anteriormente mencionados, destacando-se: Índice de Qualidade da Água – IQA, Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público – IAP, Índice de Estado Trófico – IET e Balneabilidade de Reservatórios. Os resultados médios de IQA de 2008 são relacionados na **Tabela 10.1.7.2.2-6** abaixo e na **Figura 10.1.7.2.6-4**, apresentada ao fim deste item 10.1.7.2.6.

Tabela 10.1.7.2.2-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII Ugrhi 6 – Alto Tietê – Bacia do Cotia - Guarapiranga – Valores Médios (2008)

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET	Balneabilidade de Reservatórios
COTI 03900	Rio Cotia	36	Ruim	17	Péssimo	61	Eutrófico	-
MOVE 03500	Rio Moinho	27	Ruim	-	-	68	Hipereutrófico	-
EMMI 02900	Rio Embu-Mirim	51	Regular	-	-	59,35	Mesotrófico	-
GUAR 00051	Res.Guarapiranga	-	-	-	-	-	-	Regular
GUAR 00071	Res.Guarapiranga	-	-	-	-	-	-	Regular
GUAR 00100	Res.Guarapiranga	63	Bom	-	-	58,07	Mesotrófico	-

Fonte: Cetesb – 2009.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico); BAL (Balneabilidade de Reservatórios).

Em geral, as águas do reservatório de Guarapiranga no braço do rio Paralheiros (GUAR 00100) apresentam condições satisfatórias, principalmente quando comparada a outros pontos monitorados, obtendo IQA médio anual Bom. Essa qualificação decai no rio Embu-Mirim (EMMI 02900) e nos rios Moinho (MOVE 03500) e Cotia (COTI 03900), cujo IQA médio é considerado Regular e Ruim, respectivamente. Esse resultado traduz uma maior capacidade de autodepuração da carga poluidora pelas águas da represa quando comparada aos rios afluentes.

A classificação obtida para o Índice de Abastecimento Público, no ponto monitorado no Rio Cotia (COTI 03900), foi considerada Péssima.

Cabe destacar também que o ponto monitorado no reservatório Capivari-Monos (CAMO 00900), na Ugrhi 7, cujas águas são revertidas para o reservatório Guarapiranga, apresentou IAP Péssimo em alguns meses de 2008, principalmente pelo elevado potencial de formação de trihalometanos e pela alta concentração de níquel.

Quanto ao nível de eutrofização, merece destaque o rio Moinho Velho, na sub-bacia do rio Cotia, que obteve em 2008 a classificação máxima do IET – Hipereutrófico. Na bacia de contribuição do reservatório de Guarapiranga, o rio Embu-Mirim requer maior nível de atenção devido às elevadas cargas de fósforo total transportadas por esse contribuinte à represa.

Os resultados de coliformes termotolerantes nos rios Embu-Mirim e Embu-Guaçu e no ponto GUAR 00100 (braço do Parelheiros) estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05, indicando uma alta carga de esgoto doméstico afluente. No quesito balneabilidade, a represa de Guarapiranga apresentou na praia do bairro Crispim (GUAR 00051) qualificação Regular em 2008, assim como na praia da Associação dos Funcionários Públicos do Estado de São Paulo (GUAR 00071) nesse mesmo período.

Os resultados de IQA apresentaram classificação Bom em apenas um dos pontos monitorados (GUAR 00100), já os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF variaram de Regular a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Bacia do Pinheiros – Pirapora

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

Com área de drenagem de 1.658 km², a bacia do Pinheiros - Pirapora compreende o trecho do rio Tietê desde a divisa entre São Paulo e Itaquaquecetuba até a barragem de Pirapora, numa extensão de 86 km. Estão inseridos nessa bacia, os territórios municipais de Pirapora do Bom Jesus, Santana do Parnaíba, Barueri, Osasco, Carapicuíba, Jandira e São Paulo.

Conforme citado, essa bacia é composta por duas unidades: Penha-Pinheiros (1.019 km^2) e Jusante Pinheiros-Pirapora (569 km^2).

O percurso da dutovia nessa região se estende desde o km 117 até o km 140, aproximadamente, cruzando os municípios de Cotia, Embu, Taboão da Serra, Carapicuíba, Osasco, Barueri, Santana do Parnaíba e São Paulo, onde alcança o ponto de interceptação do rodoanel na rodovia dos Bandeirantes. Inserido na faixa de 10 km da AII, encontra-se o rio Tietê, a jusante da confluência do canal do Pinheiros e a montante da represa de Pirapora de Bom Jesus.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

Segundo anteriormente mencionado, a partir do intenso processo de urbanização ocorrido na RMSP, as vazões dos cursos d'água da região foram perdendo suas características naturais.

A implantação do sistema de canalização dos rios, a reversão de águas de bacias circunvizinhas, a progressiva impermeabilização dos solos que restringe a recarga do lençol freático e o concomitante lançamento de quantidades consideráveis de esgotos diretamente nos cursos d'água, trouxeram como consequência uma alteração no regime do escoamento superficial nessa porção da bacia do alto Tietê.

Durante a época de chuvas, os cursos d'água são alimentados pelo deflúvio direto oriundo de suas bacias de drenagem, com vazões acima de sua capacidade máxima de escoamento, gerando inundações em suas várzeas, frequentemente ocupadas pela urbanização desordenada da região metropolitana.

Assim, a bacia do Pinheiros/Pirapora, que representa a porção mais a jusante da Ugrhi 6, atua como receptora final dessas ações, de forma que as perturbações ocorridas nos recursos hídricos superficiais a montante, sob os aspectos quantitativos e qualitativos, acentuam-se fortemente nessa região da bacia do Alto Tietê.

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D' ÁGUA

Conforme o Decreto Estadual n°10.755/77 verifica-se que, entre os rios da bacia do rio Pinheiros, são considerados classe 4 o canal de Pinheiros e todos os seus afluentes, no município de São Paulo. O restante da bacia é enquadrado na classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

A faixa que se estende até a barragem Edgard de Souza é caracterizada por uma intensa ocupação das várzeas e o rio Tietê, canalizado, desenvolve-se confinado entre as vias marginais. Os cursos d'água que cortam a região recebem altíssimas concentrações de poluentes que correspondem, em vários pontos, às verificadas no esgoto doméstico bruto.

Conforme citado, além do aporte dos efluentes provenientes do acelerado crescimento urbano da região, a bacia Pinheiros-Pirapora também é receptora das cargas das demais bacias integrantes da Ugrhi 6 – Alto Tietê, claramente refletidos em índices de qualidade da água comprometidos.

QUALIDADE DA ÁGUA

A rede de amostragem na bacia do Pinheiros - Pirapora adotada pela Cetesb (2009, op. citado), totaliza seis pontos localizados nos rios Pinheiros e Tietê.

Cabe destacar que nenhuma dessas localidades se insere na faixa de 10 km da AII da dutovia. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas nas imediações, cujo Índice de Qualidade da Água – IQA confirma uma condição predisposta, oscilando nas categorias Ruim e Péssima durante o ano de 2008.

O monitoramento realizado no reservatório Edgard de Souza também apresentou, como média nesse período, uma condição Péssima para o IAP, decorrente de elevadas concentrações de materiais orgânicos, de coliformes termotolerantes, de sólidos totais e de turbidez e baixíssimas concentrações de oxigênio dissolvido. Os resultados encontrados nos sedimentos desse reservatório reforçam a necessidade de medidas que minimizem a exportação dos contaminantes para jusante da bacia do Alto Tietê, por meio das operações efetuadas nas barragens de Pirapora e Rasgão.

Os testes no sistema de flotação das águas do rio Pinheiros indicaram em 2008 redução expressiva das concentrações de DBO e fósforo total (Cetesb, 2009). No entanto, as dificuldades operacionais desse processo implicaram sucessivas interrupções, não sendo possível avaliar sua efetividade no controle da qualidade das águas dessa bacia.

Bacia do Juqueri - Cantareira

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O rio Juqueri, principal manancial desta bacia, nasce no município de Nazaré Paulista e segue pelos territórios municipais de Mairiporã, Francisco Morato, Franco da Rocha, Caieiras, São Paulo (bairro de Perus), Cajamar, Santana do Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus.

Tem como contribuinte mais importante pela margem direita o ribeirão dos Cristais, que drena o município de Cajamar. Entre outros afluentes, mencionam-se o ribeirão Euzébio e os córregos Itaim, Moendas e Ajuá.

O curso do rio Juqueri forma no município de Mairiporã o reservatório Paiva Castro, que compõe o Sistema Produtor Cantareira. Após percorrer cerca de 90 km de extensão, esse rio deságua na margem direita do rio Tietê, formando a represa de Pirapora, no limite municipal entre Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus.

A faixa da AII da dutovia na bacia do Juqueri-Cantareira se estende desde o km 140 até o km 167, aproximadamente, onde cruza os municípios de Osasco, São Paulo, Caireiras, Cajamar e Franco da Rocha, desenvolvendo-se entre os reservatórios de Paiva Castro e de Pirapora, situados a montante e a jusante do traçado, respectivamente.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A disponibilidade hídrica da bacia do rio Juqueri é diretamente influenciada pelo Sistema Produtor Cantareira. Tal complexto, inaugurado na década de 70, é composto por uma sequência de cinco reservatórios implantados em cotas decrescentes – Jaguari -Jacareí, Cachoeira e Atibainha, integrantes da bacia do rio Piracicaba, e Juquery (ou Paiva Castro), localizado na bacia do Juqueri-Cantareira (Alto Tietê), no município de Mairiporã.

Esse sistema é conectado por meio de túneis e canais que revertem as águas da bacia do rio Piracicaba por gravidade até o reservatório de Paiva Castro, onde se encontra a estação elevatória de Santa Inês. Nesse local, as águas são recalcadas para o alto da Serra da Cantareira, vencendo um desnível de 120m até o reservatório de Águas Claras, que tem a função de regularizar e encaminhar as vazões para a ETA de Guaraú. Após tratamento, as águas seguem por gravidade ao sistema adutor metropolitano

No total, o Sistema Cantareira produz cerca de 33 m³/s, abastecendo um contingente superior a oito milhões de habitantes da RMSP, o que corresponde a quase metade da água consumida pela população da metrópole. Apenas 2m³/s dessa vazão é produzida no Alto Tietê pela bacia do rio Juqueri. O restante provém da bacia do rio Piracicaba (31m³/s), principalmente dos reservatórios do Jaguari-Jacareí (22m³/s), cujas áreas de contribuição estão inseridas majoritariamente no estado de Minas Gerais. O território mineiro na bacia do rio Piracicaba contribui com aproximadamente 70% da vazão derivada para o Sistema Produtor Cantareira.

No trecho a jusante de Paiva Castro, as águas do rio Juqueri são utilizadas para indústrias instaladas na região, recebendo também ao longo de seu curso esgotos domésticos "in natura".

O ribeirão dos Cristais, contribuinte do rio Juqueri, é o manancial produtor que abastece a cidade de Cajamar. O ponto de captação desse sistema está localizado na faixa de 10 km da AII da dutovia, nas proximidades do km 155, como apresentado na **Tabela 10.1.7.2.2-7** e **Figura 10.1.7.2.6-2**, ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

Tabela 10.1.7.2.2-7: Ponto de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 6 – Alto Tietê

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Ribeirão dos Cristais (8)	7.418.595	313.437	Cajamar

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme Decreto Estadual n°10.755/77, verificam-se as seguintes classes de enquadramento dos corpos d'água na bacia do rio Juqueri.

- Classe 1 – rio Juqueri e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp (Paiva Castro), no município de Franco da Rocha.

- Classe 3 – o rio Juqueri e todos os seus afluentes desde a barragem da Sabesp até a entrada no reservatório de Pirapora, com exceção do ribeirão Borda da Mata ou Botucaia até a confluência com o ribeirão Euzébio, no município de Franco da Rocha;

- Classe 4 – rio Juqueri e todos os seus afluentes, com exceção do rio Juqueri-Mirim, no seu trecho integrante do reservatório de Pirapora, nos municípios de Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus.

Os demais cursos d'água são considerados classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

A bacia do rio Juqueri, apesar de produzir apenas 6% da vazão total gerada pelo Sistema Produtor Cantareira, assume papel estratégico na manunteção da qualidade das águas desse complexo, pois a represa Paiva Castro armazena as águas provenientes de todos os reservatórios situados a montante na bacia do rio Piracicaba, antes de serem enviadas para tratamento na ETA de Guaraú.

Nessa perspectiva, o município de Mairiporã exerce fundamental importância na proteção das nascentes na bacia do Juqueri e do reservatório de Paiva Castro. Na sua área subsistem ainda manchas remanescentes de vegetação natural, integradas com capoeira, pastagens naturais e cultivadas, além de atividades hortifrutigranjeiras, que representa uma das fontes de poluição do rio Juqueri. No trecho a jusante da barragem, a atividade industrial ganha expressão, com destaque para os ramos de cosmético e de papel e celulose, mantido por extensas zonas de reflorestamento que se estendem também na sub-bacia do ribeirão dos Cristais.

A área a montante da represa de reservatório Paiva Castro se insere nos limites da Lei de Proteção aos Mananciais nº 9.866/1997. Em 2007, foi aprovado anteprojeto de lei para a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais do Alto Juquery (APRM – AJ), estando em curso também a elaboração da lei específica para a sub-bacia do Alto Cristais. Várias unidades de conservação incidem nessa bacia, como o Parque Estadual do Juquery, favorecendo a manutenção da qualidade dos recursos hídricos.

Contudo, essa região é marcada por infra-estrutura deficiente de saneamento básico, especialmente nos municípios de Caieras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha e Santana do Parnaíba, o que torna o rio Juqueri e seus afluentes contaminados por esgotos domésticos e também industriais sem o adequado tratamento, fator que tem contribuído para a degradação de suas águas. Outro problema detectado nessa bacia diz respeito ao aporte de sólidos, resultante de ocupações irregulares que potencializam os processos erosivos, especialmente em terrenos de alta declividade, implicando assoreamento das drenagens.

QUALIDADE DA ÁGUA

A rede de amostragem na bacia do rio Juqueri adotada pela Cetesb (2009, op. citado) utilizada para caracterização da AII compreende um ponto no ribeirão dos Cristais (CRIS 03400), localizado dentro da faixa da AII, conforme **Tabela 10.1.7.2.2-8** abaixo e **Figura 10.1.7.2.6-3** apresentada ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

Tabela 10.1.7.2.2-8: Ponto de Monitoramento na AII.

Ugrhi 06 – Bacia Juqueri/Cantareira Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CRIS 03400	7.418.578	313.437	Rib. Cristais	RB	Na captação da ETA de Cajamar	Cajamar

Fonte: Cetesb – 2009. * Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69

Legenda: RB (Rede Básica)

Em 2008, o ponto de monitoramento (CRIS 03400), localizado no ribeirão dos Cristais, apresentou média anual Boa para IAP e IQA, conforme apresentado na **Figura 10.1.7.2.5-1**, ao fim do item 10.1.7.2. A média anual do IET enquadrou manancial como ultraoligotrófico, obtendo-se, porém, valores elevados de coliformes termotolerantes, e toxicidade crônica.

Nas proximidades da faixa da AII, o rio Juqueri compreende o ponto de monitoramento Cetesb JQRI 03800 (ponte na rodovia Anhanguera, sentido Jundiaí-São Paulo) que apresentou, em 2008, qualidade média anual Ruim em relação ao IQA, em função dos elevados índices de coliformes termotolerantes e de substâncias tensoativas, além de baixas concentrações de oxigênio dissolvido. O IET foi classificado como Hipereutrófico, não tendo apresentado melhora quando comparado aos anos anteriores. Esses resultados são atribuídos à elevada concentração de fósforo total, de coliformes termotolerantes e de substâncias tensoativas provenientes de esgotos domésticos lançados no ambiente.

Em relação ao IVA, este ponto manteve em 2008 a mesma classificação de 2007, com média anual Ótima, e será avaliado no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

10.1.7.2.3. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí - PCJ

A Ugrhi 5, localizada na porção leste do estado de São Paulo, abarca as bacias dos rios Jundiaí, Capivari e Piracicaba - PCJ, desde a divisa com Minas Gerais, até o reservatório de Barra Bonita, ocupando uma extensão de 14.177,77 km^2. Essa bacia se estende ainda por território mineiro, totalizando uma área de 15.303,67 km^2.

Com aproximadamente cinco milhões de habitantes (Seade, 2007), a Ugrhi 05 abrange integralmente 57 municípios, destacando-se nesse contexto a Região Metropolitana de Campinas. A Ugrhi 5 é cruzada por um denso complexo viário formado pelas rodovias Anhanguera, Bandeirantes e D. Pedro I, além do aeroporto de Viracopos, no município de Campinas. Essa infra-estrutura estimulou a conurbação das cidades e a diversificação da base produtiva, transformando-se no pólo de atividades agro-industriais mais importantes do Estado de São Paulo.

Nessa região, a precipitação média anual oscila entre 1.200 a 1.800 mm, com período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a março.

A vazão média é de 172 m³/s e a mínima de 43 m³/s. Conforme anteriormente citado, esse volume é parcialmente revertido para a bacia do Alto Tietê através do Sistema Cantareira. De acordo com a Portaria Daee nº. 1213/04, a Região Metropolitana de São Paulo contará com uma vazão mínima de 24,8 m³/s, que acorresponde a 80% da vazão total revertida, que será de 31 m³/s; à região das bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí caberá uma vazão mínima de 3 m³/s. Nesse contexto, a disponibilidade hídrica frente às demandas na Ugrhi 5 assume condição mais crítica na bacia do rio Jundiaí.

As bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí encontram-se interligadas, em relação ao uso de seus recursos hídricos, devido às seguintes reversões existentes para abastecimento público.

- Município de Jundiaí: reverte até 1,2 m³/s do rio Atibaia para arepresa existente no rio Jundiaí – Mirim.

- Município de Campinas: capta aproximadamente 4 m³/s no rio Atibaia, sendo que aproximadamente 1,05 m³/s são revertidos, na forma de esgoto, para a bacia do rio Capivari e aproximadamente 0,25 m³/s para a bacia do Piracicaba, através da sub-bacia do ribeirão do Quilombo.

- Municípios de Paulínia, Hortolândia e Monte Mor: através do sistemaintegrado de abastecimento destes municípios, a Sabesp reverte do rio Jaguari aproximadamente 0,9 m³/s para as bacias dos rios Atibaia e Capivari.

- Interestadual: as nascentes do rio Jaguari e um pequeno ribeirão afluente do rio Atibaia encontram-se no estado de Minas Gerais e escoam para o estado de São Paulo.

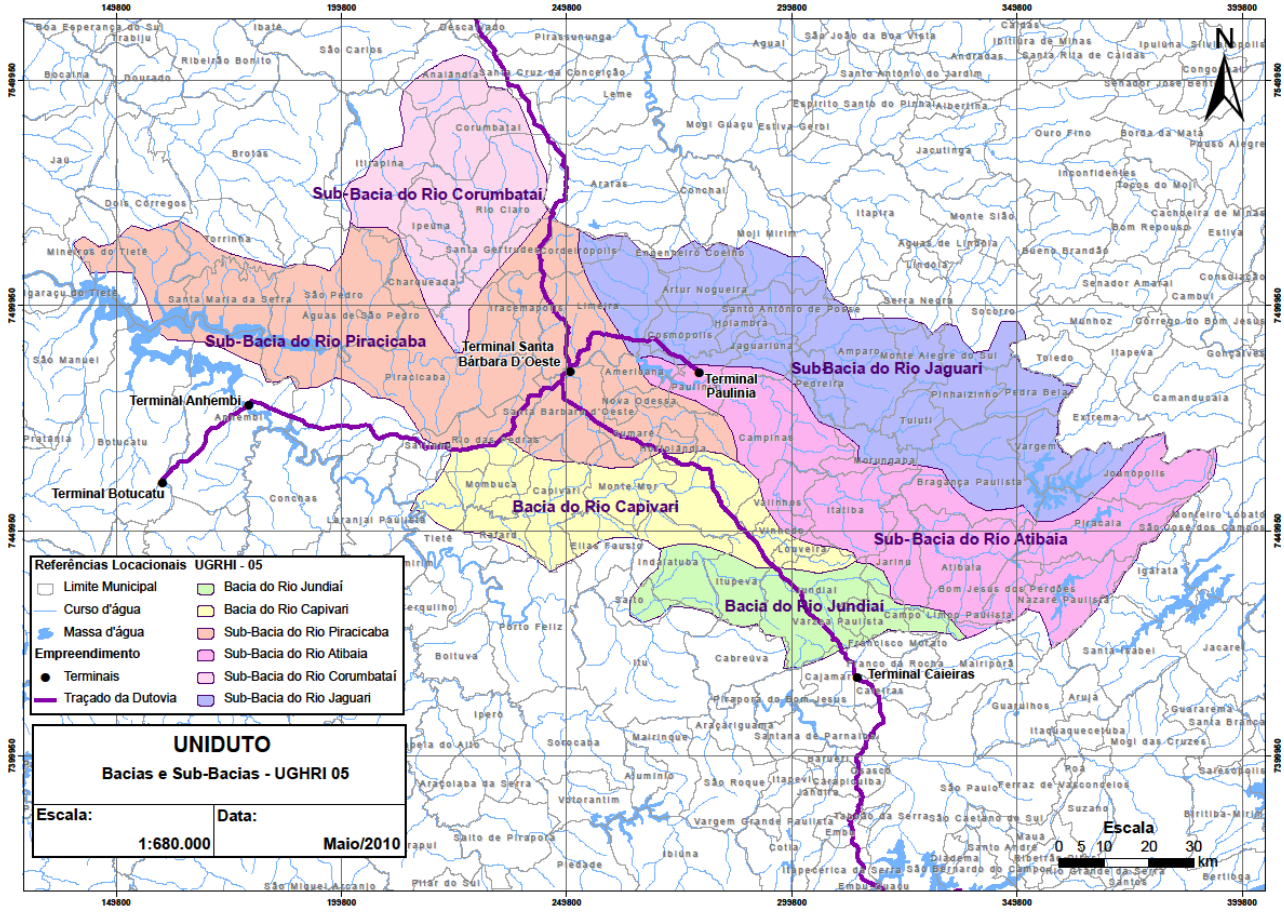
As demandas consuntivas na Ugrhi 05 totalizam 40,03 m³/s (Cetesb, 2009, op citado), estando voltadas principalmente para o abastecimento urbano (17,36 m³/s), industrial (14,56 m³/s) e irrigação (8,11 m³/s).

São coletados aproximadamente 85% dos esgotos produzidos na Ugrhi 05, com índice de tratamento da ordem de 42% dos esgotos gerados. A carga poluidora potencial é estimada em 253.536 kg DBO/dia, resultando uma carga remanescente da ordem de 166.598 kg DBO/dia. De acordo com o Plano de Bacias Hidrográficas do período 2004-2007 (Comitê das Bacias Hidrográficas - CBH e Sabesp, dezembro, 2006), a vazão total de esgotos industriais que alcançam os cursos d'água na bacia do CPJ é da odem de 11 m³/s, sendo 2,5 m³/s referente a usinas de álcool e o restante às demais indústrias.

A bacia do rio Piracicaba é composta por cinco sub-bacias – Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Atibaia (SP) e Camanducaia (MG). Para efeito de gerenciamento, esta unidade hidrográfica é subdividida no Estado de São Paulo em três bacias principais que conferem o nome à Ugrhi 05, além das quatro unidades que drenam o território paulista, conforme representação a seguir na **Figura 10.1.7.2.3-1**.

O percurso da dutovia na Ugrhi 05 cruza as bacias dos rios Jundiaí e Capivari, e as sub-bacias dos rios Piracicaba e Atibaia.

O trecho Santa Bárbara–Paulínia, Santa Barbara–Anhembi, Anhembi-Botucatu e Serrana-Santa Bárbara, intercepta os municípios de Jundiaí, Itupeva, Louveira, Vinhedo, Campinas (pela faixa de domínio da rodovia Anhanguera/Bandeirantes), Monte Mor, Sumaré, Nova Odessa, Paulínia, Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, parte de Saltinho, Anhembi e Piracicaba, Limeira, Iracemápolis, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Corumbataí (todos esses municípios por terras privadas).



Fonte: IRRIGART – 2007

FIGURA 10.1.7.2.3-1: Traçado da dutovia no âmbito da Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí e suas respctivas bacias e sub-bacias.

Bacia do Rio Jundiaí

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O rio Jundiaí nasce no município de Mairiporã, em altitudes de 1.000 a 1.200 m, passando a seguir por Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto. Após percorrer cerca de 110 km, deságua na margem direita do rio Tietê na represa de Porto de Góes, município de Salto, em altitude de 550 m, conformando uma bacia de 1.114,65 km^2.

Esse curso d'água tem como principais tributários à direita o rio Jundiaí-Mirim, e à esquerda os córregos Taipas, Castanho, Terra Nova, ribeirão Caxambu, córrego da Lagoa, rio São José (ou Furnas), córrego da Fonte, ribeirão do Ingá, além do ribeirão Piraí, considerado o mais importante contribuinte nessa margem, constitundo também em importante manancial de abastecimento utilizado pelos distritos de Jacaré – Cabreúva e pelas cidades de Salto e Indaiatuba.

O percurso da dutovia nessa bacia se estende desde o km 167 até o km 193, aproximadamente, transpondo os municípios de Jundiaí e Louveira. O rio Jundiaí é cruzado na faixa de 10 Km da AII pela dutovia entre os km 185 e 186.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A bacia do rio Jundiaí, por estar situada no eixo das regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas, apresenta alta concentração urbano-industrial, resultando em uma ampla utilização dos recursos hídricos superficiais, o que colabora para seu comprometimento do ponto de vista quantitativo e qualitativo.

A população da bacia está estimada em 840.000 habitantes (Seade, 2005), com nível de urbanização em torno de 94%. As projeções para o ano de 2010 são da ordem de 1.000.000 de habitantes e índice de urbanização próximo a 98%. Esse panorama aponta demandas hídricas elevadas para o abastecimento público e, em menor proporção, para suprimento industrial e atividades agropecuárias.

As precipitações médias nessa bacia situam-se na faixa de 1.200 a 1.800 mm anuais, com marcante variação das médias pluviométricas entre os meses mais secos (julho e agosto), entre 25 e 40 mm, e os meses mais chuvosos (dezembro a janeiro), nos quais atingem 190 e 215 mm.

O consumo de água na bacia do Jundiaí, estimado em 3,86 m³/s, é muito superior à vazão mínima de estiagem ($Q_{7,10}$ igual a 2,3 m³/s), o que revela o comprometimento das águas superficiais sob o aspecto quantitativo (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2004). Mesmo contando em períodos de estiagem com a reversão das águas do Atibaia (até 1,2 m³/s), o balanço entre a oferta e a demanda de água para abastecimento é considerado crítico. Somente nas cabeceiras dessa bacia há disponibilidade de água aproveitável após tratamento convencional.

Especificamente no município de Jundiaí, o abastecimento de água, a cargo da DAE S/A, é realizado por meio da ETA Anhangabaú que recebe a contribuição do rio Jundiaí-Mirim reforçada pela reversão do rio Atibaia, além da contribuição dos córregos Moisés e do Padre Simplício. São constatados cinco pontos de captação dentro da faixa de 10 km da AII, conforme apresentado a seguir na **Tabela 10.1.7.2.3-1**, na **Figura 10.1.7.2.6-5** ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

Tabela 10.1.7.2.3-1: Ponto de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Uniduto Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Córrego Ribeirãozinho (9)	7.427.420	312.160	Jundiaí
Ribeirão Valquíria. Estiva/Japi (10)	7.433670	304.580	Jundiaí
Ribeirão da Hermida (11)	7.429.970	298.690	Jundiaí
Rio Jundiaí-Mirim (12)	7.437.700	304.450	Jundiaí
Ribeirão do Caxambu (13)	7.436.760	293.650	Itupeva

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Segundo Decreto Estadual n°10.755/77 referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o rio Jundiaí – Mirim e todos os seus afluentes até o ponto de captação para abastecimento público em Jundiaí estão enquadrados na classe 1.

O curso do rio Jundiaí, a partir da confluência com o córrego Pinheirinho até sua foz no rio Tietê, em Salto, enquadra-se na classe 4. Nessa categoria, encontra-se também o córrego Castanho, desde a confluência com o córrego Japiguaçu até sua foz no rio Jundiaí. Os demais corpos d'água da bacia são considerados classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

As principais fontes de poluição de origem difusa na região são provenientes de pastagem, de cana-de-açúcar e de cultivos agrícolas de uva, morango, pêssego e café desenvolvidos nas cidades de Jundiaí, Itupeva e Indaiatuba. Destacam-se ainda as atividades de extração de argila e caolim nas cidades de Jundiaí, Indaiatuba e Salto.

A maior parte da cobertura vegetal na região é composta por reflorestamento (eucaliptos e pinus), registrando-se também remanescentes de Mata Atlântica na Serra do Japy e na Serra dos Cristais, em área protegida por leis específicas no âmbito federal, estadual e municipal.

De acordo com o Plano de Bacias PCJ do período 2004-2007 (Consulta Pública - CBH, 2005), a carga de origem doméstica na bacia do rio Jundiaí está estimada em 38.364 kg DBO/dia, com remanescente da ordem de 26.485 kg DBO/dia, tendo como receptor final o rio Jundiaí. Esses cursos d'água recebem também uma expressiva quantidade de carga orgânica proveniente da atividade industrial, sendo o município de Salto responsável por 99% destes lançamentos.

A rede de esgotos domésticos abrange níveis superiores a 95% de atendimento em Salto, Indaiatuba e Jundiaí, enquanto que o tratamento dos efluentes restringe-se basicamente às duas últimas cidades. Contudo, Jundiaí trata a quase totalidade do esgoto coletado, o que influencia favoravelmente na remoção das cargas totais geradas nessa bacia.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da faixa de 10 km da AII da dutovia, existe apenas um ponto de monitoramento da qualidade da água disponibilizados pela Cetesb em 2008. Foram utilizados como referência para esse fim os pontos localizados na bacia do rio Jundiaí, mais próximos da faixa da AII, contemplados nos programas da Rede Básica (RB) e do Monitoramento Regional (MR), os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.7.2.3-2** e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-6** ao fim do item 10.1.7.2.6.

TABELA 10.1.7.2.3-2: Pontos de Monitoramento na Bacia do Rio Jundiaí.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
IRIS02100	7.425.980	289.492	Rib. Piraí	RB	Na captação de Cabreúva, bairro Jacaré	Cabreúva
IRIS02400	7.425.857	283.097	Rib. Piraí	RB	Estrada sentido Faz. Santana, após cerca de 500m do trevo	Cabreúva
IRIS02900	7.434.033	270.147	Rib. Piraí	RB	Na barragem de captação dos municípios de Salto e Indaiatuba	Indaiatuba
JUMI00800**	7.437.662	304.520	Rib. Jundiaí-Mirim	RB	Na captação de Jundiaí	Jundiaí
JUNA02010	7.432.307	319.008	Rio Jundiaí	RB	Na praia do Bairro do Crispim.	Campo Limpo Paulista

TABELA 10.1.7.2.3-2: Pontos de Monitoramento na Bacia do Rio Jundiaí.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
JUNA02020	7.432.824	318.547	Rio Jundiaí	RB	Ponte na Av. Aderbal da Costa Madeira, 50ma jusante do lançamento da Krupp (ind. siderúrgica)	Campo Limpo Paulista
JUNA04270	7.442.944	277.411	Rio Jundiaí	RB	Na ponte de concreto, logo após a estrada de ferro, no distrito de Itaici, em Indaiatuba	Indaiatuba
JUNA04900	7.431.375	265.524	Rio Jundiaí	RB	Na área urbana de Salto. Ponte na Praça Álvaro Guião, próximo à foz do rio Tietê	Salto

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69.

** Ponto de Monitoramento Cetesb inserido na faida da AII.

Legenda: RB (Rede Básica).

Os resultados obtidos nos pontos selecionados na bacia do rio Jundiaí constam na **Tabela 10.1.7.2.3-3** destacando-se: Índice de Qualidade da Água – IQA, Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público – IAP e Índice de Estado Trófico – IET. Na **Figura 10.1.7.2.6-7**, apresentada no final do item 10.1.7.2.6, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

TABELA 10.1.7.2.3-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Jundiaí, Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2008).

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
IRIS 02100	Rib. Piraí	57	Boa	41	Regular	59,26	Mesotrófico
IRIS02900	Rib. Piraí	64	Boa	51	Regular	54,29	Mesotrófico
JUMI00800*	Rib. Jundiaí-Mirim	77	Boa	-	-	60,28	Eutrófico
JUNA02010	Rio Jundiaí	47	Regular	37	Regular	61,34	Eutrófico
JUNA02020	Rio Jundiaí	37	Regular	-	-	64,06	Supereutrófico
JUNA04270	Rio Jundiaí	41	Regular	-	-	67,67	Hipereutrófico
JUNA04900	Rio Jundiaí	25	Ruim	-	-	67,89	Hipereutrófico

Fonte: Cetesb – 2009.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

* Ponto de Monitoramento Cetesb inserido na faida da AII.

Estes dados apontam para uma variação do IQA entre Boa (ribeirões Piraí e Jundiaí-Mirim) e Ruim (rio Jundiaí) nas proximidades de sua foz no rio Tietê em Salto. Quanto ao IAP, os pontos monitorados apresentaram classificação Regular.

O rio Jundiaí apresenta IQA Regular a montante do traçado da dutovia, enquanto a situação do IET apresenta resultado Hipereutrófico nos pontos JUNA 04270 e JUNA 04900. Assim, constata-se que o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento continua sendo o principal fator de degradação das águas do rio Jundiaí. No trecho desse rio com enquadramento na classe 4, os resultados foram positivos para mutagenicidade, indicando a necessidade de investigação de possíveis fontes de contaminantes que possam causar esse efeito.

Os resultados de IQA apresentaram classificação semelhante aos resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica – ICF, variando de Bom a Ruim. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Bacia do Rio Capivari

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A bacia do rio Capivari, com área de 1.620,92 km², compreende os municípios de Jundiaí (porção norte), Louveira, Vinhedo, Valinhos, Campinas (porção sul), Itupeva, Monte Mor, Capivari, Elias Fausto, Rafard, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Mombuca, Rio das Pedras e Santa Bárbara d'Oeste.

O rio Capivari tem suas cabeceiras na divisa dos municípios de Louveira e Jundiaí (Ugrhi 5), na fazenda Bela Vista (Serra do Jardim), entre mata nativa e área de cultivo. Deságua no rio Tietê (afluente norte), nas proximidades de Laranjal Paulista (Ugrhi 6), após percorrer cerca de 200 km de extensão, não ultrapassando um desnível de 250 metros. Destaca-se como tributário da margem esquerda o ribeirão do Moinho do Tico.

O percurso da dutovia nessa bacia, na faixa de 10 km da AII, se estende desde o km 193 até o km 228, aproximadamente, englobando os municípios de Jundiaí, Louveira, Itupeva, Vinhedo, Valinhos, Campinas e Hortolândia. Na faixa de 10 km da AII encontra-se o rio Capivari, à altura do km 216.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A bacia do rio Capivari abrange municípios da Região Metropolitana de Campinas, caracteriza-se por ser altamente industrializada, configurando-se ainda como um espaço de descentralização econômica da Região Metropolitana de São Paulo. A população da bacia totaliza cerca de 2.000.000 de habitantes (IBGE, 2007), predominantemente estabelecidos em zona urbana.

Tais características trazem como consequência a ampla utilização dos mananciais superficiais, contribuindo para aumentar a pressão sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos.

Reproduzindo a condição observada na bacia do rio Jundiaí, as precipitações médias na bacia do Capivari são elevadas, chegando a 1.800 mm anuais, porém, com variações acentuadas entre os meses mais secos (julho e agosto) e os mais chuvosos (dezembro a janeiro), o que se reflete na disponibilidade hídrica ao longo do ano. A vazão média total da bacia é de 11,41 m³/s, chegando a 2,38 m³/s nos períodos críticos de estiagem ($Q_{7,10}$).

Os usos consuntivos das águas são direcionados prioritariamente à indústria (44%), sobretudo do ramo sucro-alcooleiro, ao abastecimento urbano (38%), às atividades rurais (17%) e à mineração (1%). As captações totalizam aproximadamente 2,79 m³/s com lançamentos da ordem de 1,84 m³/s, o que gera um saldo de 1,46 m³ /s. Portanto, o índice de utilização dos recursos hídricos na bacia do rio Capivari atinge 39% da disponibilidade superficial, situação considerada confortável, sobretudo se comparada ao déficit hídrico registrado na bacia do rio Jundiaí.

Em relação ao abastecimento urbano, as águas do rio Capivari suprem as cidades de Vinhedo, Indaiatuba e Campinas. A seguir, na **Tabela 10.1.7.2.3-4**, são apresentados os pontos de captação para abastecimento público existentes na faixa de 10 km da AII e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-5**, ao fim do item 10.1.7.2.6.

TABELA 10.1.7.2.3-4: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto – Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Capivari, Córrego do Xoxo -SNA1 (14)	7.447.930	296.670	Vinhedo
Rio Capivari (15)	7.447.950	296.150	Vinhedo
Ribeirão do Moinho ou do Tico (16)	7.448.700	291.320	Vinhedo
Rio Capivari (17)	7.454.500	284.800	Campinas
Rio Capivari**	7.448.740	291.760	Vinhedo
Rio Capivari**	7.448.300	296.600	Vinhedo

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

**Ponto de captação para abastecimento público mas com outorga de travessia.

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme Decreto Estadual n°10.755/77, na bacia do rio Capivari, apenas o ribeirão do Piçarrão (Campinas) é enquadrado na classe 4, os demais corpos d'água são considerados classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

O rio Capivari drena zonas industrializadas, adensadas do ponto de vista populacional, além de áreas de cultivos agrícola, especialmente de cana-de-açúcar e pastagem, recebendo cargas poluidoras de origem diversa que comprometem a qualidade de suas águas.

De acordo com a Cetesb (2009, op. Citado), o expressivo aporte de esgoto doméstico sem tratamento no rio Capivari afeta de forma significativa os recursos hídricos sob o aspecto qualitativo, situação que vem se mantendo nos últimos anos. Alguns municípios como Itupeva e Rio das Pedras não contam com sistemas de tratamento de esgotos, em contraste com Elias Fausto, Mombuca e Valinhos que tratam praticamente a totalidade dos efluentes domésticos coletados.

Como resultado, o rio Capivari concentra cerca de 40% da carga remanescente originada em Campinas (11.200 kgDBO/dia), principal fonte poluidora da bacia, além das cargas geradas nas cidades de Capivari, Louveira, Monte Mor, Rafard e Vinhedo, que totalizam aproximadamente 7.326 kgDBO/dia. Outros afluentes, tais como córregos Carneiro, Santo Antônio, Mombuca e São Francisco recebem, em menor proporção, esgotos domésticos sem tratamento.

O município de Vinhedo é responsável por 67% dos lançamentos da carga de origem industrial na bacia do rio Capivari, seguido de Elias Fausto e Louveira que juntos, contribuem com 26% do total estimado nessa unidade hidrográfica.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da faixa de 10 km da AII da dutovia, existe apenas um ponto de monitoramento da qualidade da água (CAPIV 02130), porém foram utilizados como referência para esse fim mais três pontos do programa Rede Básica (RB) da Cetesb, localizados na bacia do rio Capivari, os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.7.2.3-5** e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-6**, ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

TABELA 10.1.7.2.3-5: Pontos de Monitoramento na Bacia do Rio Capivari.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CPIV02130**	7.454.252	284.764	Rio Capivari	RB	Na captação de Campinas-ETA Capivari na Rod. dos Bandeirantes	Campinas
CPIV02160***	7.459.695	269.953	Rio Capivari	RB	Na estrada de terra que liga Campinas a Monte Mor	Campinas
CPIV02200***	7.459.117	264.433	Rio Capivari	RB	Ponte de madeira na estrada que liga Monte Mor à Faz. Rio Acima	Monte Mor
CPIV02900***	7.455.017	217.592	Rio Capivari	RB	Ponte do Canavial próximo à foz do Tietê	Tietê

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

** Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII.

***Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII.

Legenda: RB (Rede Básica)

As variáveis analisadas de qualidade das águas compõem os indicadores anteriormente mencionados, destacando-se: Índice de Qualidade da Água – IQA, Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público – IAP e Índice de Estado Trófico – IET. Os resultados médios são relacionados na **Tabela 10.1.7.2.3-6**. Os resultados médios de IQA de 2008 são apresentados também na **Figura 10.1.7.2.6-7** no final do item 10.1.7.2.6.

TABELA 10.1.7.2.3-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2008).

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
CPIV02130**	Rio Capivari	43	Regular	28	Ruim	60,09	Eutrófico
CPIV02160***	Rio Capivari	30	Ruim	-	-	68,47	Hipereutrófico
CPIV02200***	Rio Capivari	32	Ruim	-	-	68,34	Hipereutrófico
CPIV02900***	Rio Capivari	46	Regular	-	-	64,64	Supereutrófico

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

** Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII.

***Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

Os valores médios obtidos na bacia do Capivari em 2008 mostram índice de qualidade de água variando entre Regular e Ruim, provavelmente devido aos lançamentos existentes no município de Campinas situado a montante.

Nos pontos CPIV02900 (localizado próximo à foz) e CPIV02130 (na captação de Campinas-ETA Capivari na rodovia dos Bandeirantes), a qualidade da água apresenta melhora devido aos processos de diluição e depuração das cargas poluidoras, porém, esse trecho mantém a classificação do IQA Regular, enquanto que o IET atinge níveis eutrófico a supereutrófico.

O IAP foi monitorado apenas no ponto CPIV 02130, apresentando classificação Ruim, condição que prevalece no local de captação de água para abastecimento público de Campinas. Esse resultado é atribuído às elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, além de metais pesados como chumbo e mercúrio, que ultrapassaram em algumas amostras os limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/05.

Nos demais pontos dessa bacia, foram registrados em 2008 teores elevados de DBO, sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes, indicando importante contribuição de esgoto sem tratamento.

Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Regular e Ruim em todos os pontos monitorados, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA apresentaram situação mais crítica, variando de Ruim a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Bacia do Rio Piracicaba

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O rio Piracicaba forma-se a partir da junção de seus principais contribuintes Jaguari e Atibaia, cujas nascentes são encontradas respectivamente nos estados de Minas Gerais e São Paulo. O relevo da região de cabeceiras, com montanhas e vales, chega a altitudes superiores a 1.700 m na divisa entre São Paulo e Minas Gerais, percorrendo um desnível de 1.400 m ao longo de seu trajeto.

Com extensão total de 350 km, dos quais 250 km estão em território paulista, o rio Piracicaba desenvolve-se no sentido leste oeste, desaguando na margem direita do rio Tietê, no reservatório de Barra Bonita (Ugrhi 10), configurando uma bacia de drenagem de 11.313,31 km².

O rio Jaguari é responsável por cerca de 35% da disponibilidade hídrica da bacia do Piracicaba. Em território mineiro, recebe pela margem direita seu principal afluente, o rio Camanducaia, à altura do município de Extrema, próximo à divisa com o Estado de São Paulo. Pela sua margem esquerda, tem como contribuinte mais relevante o rio Jacareí, que nasce em áreas do município de Joanópolis (SP) e desemboca a montante do município de Bragança Paulista, próximo à Vargem Grande, onde se encontra um dos reservatórios do Sistema Cantareira.

O rio Atibaia percorre os municípios de Nazaré Paulista e Atibaia. É formado pela confluência dos rios Cachoeira e Atibainha, nos quais foram construídas as barragens de outros dois reservatórios também pertencentes ao Sistema Cantareira. Antes de sua foz no rio Piracicaba, o Atibaia tem suas águas represadas no reservatório de Salto Grande.

A bacia do rio Piracicaba é subdividida no estado de São Paulo em quatro sub-bacias: Piracicaba (3.770 km²), Corumbataí (1.690 km²) e Jaguari (2.180 km².) e Atibaia (2.820 km².), segundo anteriormente apresentado na **Figura 10.1.7.2.3-1.**

Conforme citado, o percurso da dutovia cruza as sub-bacias dos rios Piracicaba e Atibaia. A faixa dos 10 km da AII estende-se desde o km 228 em Hortolândia, passando por Hortolândia, Campinas, Sumaré, até o km 266,5 em Santa Bárbara d'Oeste, onde se localiza o terminal de mesmo nome.

Engloba também, integralmente, o trecho Santa Bárbara-Paulínia, passando pelos municípios de Limeira, Santa Bárbara d'Oeste, Cosmópolis e Paulínia, numa extensão de 39 km. Prolonga-se ainda desde o km 537 até o km 574, aproximadamente, no trecho Santa Bárbara-Anhembi, que cruza os municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Saltinho, Piracicaba, Limeira e Rio das Pedras, até encontrar os limites da Ugrhi 10, Sorocaba-Médio Tietê.

Abarca entre o km 266,5 ao km 305 parte do trecho Serrana-Santa Bárbara, interceptando o municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Iracemápolis, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Araras, até adentrar na Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A bacia do rio Piracicaba configura-se como espaço de interiorização industrial, iniciado na década de 70. Estas características trazem como consequência a ampla e múltipla utilização dos recursos hídricos superficiais.

A população estimada da bacia ultrapassa os 3.200.000 de habitantes (Seade, 2007), predominantemente estabelecidos na zona urbana e concentrados nas sub-bacias dos rios Piracicaba e Atibaia, cada qual com 40% da população total da bacia. As sub-bacias dos rios Jaguari e Corumbataí perfazem, respectivamente, 13% e 6% do restante da população.

Não obstante a intensidade da atividade produtiva e a concentração populacional existente na área de influência da bacia, ela ainda suporta a transposição de suas águas pelo sistema Cantareira para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo, à vazão de 31 m^3/s, captação esta que se concentra nas sub-bacias dos rios Atibaia e Jaguari. O sistema Cantareira é formado pela captação dos rios Jaguari, Cachoeira e Atibainha, formadores dos rios Piracicaba e Jaguari, em território além dos limites da bacia.

Na bacia do Piracicaba, as precipitações anuais médias diminuem progressivamente das nascentes para jusante, oscilando entre 1.800 a 1.200mm anuais à altura de sua afluência ao rio Tietê. As vazões médias naturais nos exutórios das bacias dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba são estimadas em 60,9 m^3/s, 46,6 m^3/s e 171,9 m^3/s, respectivamente, o que significa uma alta disponibilidade hídrica superficial. Porém, durante as épocas de estiagem, estima-se que haja uma redução das vazões da ordem de 80%, o que torna compreensível a escassez e a competição pela água nesses períodos (Sabesp, 2000).

A vazão natural média da bacia do rio Piracicaba sustenta um volume de captação da ordem de 25 m^3/s, além da transposição de águas pelo sistema Cantareira. Estas intervenções fazem com que nas estiagens severas a disponibilidade hídrica média resulte em 40 m^3/s, com vazões mínimas médias mensais de até 34 m^3/s. As tendências do crescimento da demanda de água na bacia indicam a estabilização dos volumes de captação industrial, o crescimento do consumo urbano em percentuais que sinalizam para o aumento da demanda total de aproximadamente 0,35 m^3/s a.a.

A sub-bacia do rio Jaguari é a que apresenta as maiores vazões disponíveis (23,4 m^3/s). Em apenas 13% do ano essa sub-bacia não dispõe de vazão para atender a demanda prevista, considerando-se a necessidade de uma contribuição para manter a vazão de 40 m^3/s no rio Piracicaba.

Ao longo da faixa de 10 km da AII do trajeto da dutovia, na bacia do rio Piracicaba, são constatadas diversas captações de água para abastecimento público. Os pontos de captações estão mais concentrados ao longo do trecho Santa Bárbara–Paulínia, embora também existam pontos ao longo dos demais ramais. A **Figura 10.1.7.2.6-5,** ao fim do item 10.1.7.2. 6 e o **Anexo 17.V-1** apresentam a distribuição dos pontos de captações para abastecimento público de água.

Merecem destaque os pontos de capatação para abastecimento público nos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Saltinho, Santa Gertrudes, Limeira, Cosmópolis e Paulínia. A seguir, na **Tabela10.1.7.2-18**, são apresentados os pontos de captação para abastecimento público.

TABELA 10.1.7.2.3-7: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí.

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Ribeirão dos Toledos SNA1 (18)	7.478.350	256.400	Santa Bárbara d'Oeste
Ribeirão dos Toledos, Córrego Candelária (19)	7.479.440	253.010	Santa Bárbara d'Oeste
Ribeirão Campestre SNA1 (20)	7.471.100	222.300	Saltinho
Ribeirão dos Toledos, Córrego Candelária (21)	7.475.850	253.150	Santa Bárbara d'Oeste
Córrego Santa Gertrudes (22)	7.514.780	240.640	Santa Gertrudes
Rio Piracicaba – Mirim/Campestre (25)	7.471.119	222.250	Saltinho
Rib. do Pinhal ou Cór. do Bosque (26)	7.492.050	265.890	Limeira
Rib. Pirapitingui/Cór. Guatimazinho (27)	7.492.810	274.550	Cosmópolis
Rio Jaguari (28)	7.488.100	278.650	Paulínia

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

De acordo com a legislação estadual referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o Decreto Estadual n°10.755/77, na bacia do rio Piracicaba, são considerados:

Classe 1 - o rio Atibainha e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp, no município de Nazaré Paulista; o rio Cachoeira e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp, no município de Piracaia; o rio Jaguari e todos os seus afluentes até a confluência com o Rio Jacareí, no município de Bragança Paulista.

Classe 3 - o ribeirão Claro a jusante da captação de água de abastecimento para o Rio Claro, até a confluência com o córrego Santa Gertrudes, no município de Rio Claro; o ribeirão Pinheiros, afluente do rio Atibaia, no município de Valinhos; o ribeirão Quilombo até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Americana; o ribeirão Tijuco Preto até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Piracicaba; o ribeirão dos Toledos, a jusante da captação de água de abastecimento para Santa Bárbara d'Oeste, até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Santa Bárbara d'Oeste.

Classe 4 - o córrego da Servidão, até a confluência com o rio Corumbataí, no município de Rio Claro; o ribeirão Anhumas, afluente do rio Atibaia, no município de Campinas; o ribeirão Lava-Pés, afluente do rio Jaguari, no município de Bragança Paulista; o ribeirão Tatu, afluente do rio Piracicaba; no trecho do município de Limeira.

Os corpos d'água não elencados acima enquadram-se na Classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

Ao longo de seus percursos, os rios que compõem a bacia do Piracicaba recebem efluentes domésticos provenientes de 40 (quarenta) municípios dos quais apenas 13 (treze) recebem algum tipo de tratamento. As cargas orgânicas remanescentes dos efluentes domésticos estão estimadas em 118 t $_{DBO5}$/dia.

Por abrigar importante parque industrial, esta bacia recebe efluentes de indústrias dos ramos de papel, celulose, alimentício, têxtil, couros, metalúrgico, químico e petroquímico (descarga estimada de 42 t $_{DBO5}$/dia), além das indústrias do ramo sucro-alcooleiro que contribuem com cerca de 72 kg $_{DBO5}$/dia.

A bacia do Piracicaba apresenta suas maiores extensões recobertas por pastagens, cultura de cítricos, cana-de-açúcar, café e milho, atividades estas que se relacionam a fontes difusas de poluição. Embora o reservatório de Barra Bonita (rio Tietê – município de Anhembi) venha a ser tratado especificamente na Ugrhi 10, é importante destacar que, nesta bacia, recebe poluentes gerados na bacia do Alto Tietê, nas sub-bacias do Capivari e Jundiaí, na bacia do Sorocaba-Médio Tietê, além das cargas oriundas da própria bacia do rio Piracicaba. Nesse reservatório, os poluentes são submetidos a um longo processo de depuração que se prolonga em média por 100 dias.

QUALIDADE DA ÁGUA

Especificamente na faixa de 10 km da dutovia, são encontrados três pontos de Monitoramento Remoto da Cetesb: um no ribeirão dos Toledos (TOLE 03900) e dois no córrego Santa Gertrudes (GERT 02200 e GERT 02500). Destaca-se que para esses pontos, a Cetesb não apresentou resultados de IQA, IVA e IET, em 2008.

Assim, foram também selecionados pontos de amostragem Cetesb nas proximidades da faixa dos 10 km da AII do empreendimento, de modo a caracterizar a qualidade das águas na bacia do rio Piracicaba. Os pontos são relacionados na **Tabela 10.1.7.2.3-8** e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-6,** ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

Tabela 10.1.7.2.3-8: Pontos de Monitoramento na Bacia do Rio Piracicaba.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
QUIL03200***	7.474.871	274.343	Rio Quilombo	RB	Ponte na estrada que liga a via Anhanguera a Paulínia	Sumaré
QUIL03900***	7.486.195	260.271	Rio Quilombo	RB	Foz do rio Piracicaba, na ETE de Americana, bairro Carioba	Americana
TOLE03900**	7.483.488	248.895	Rib. dos Toledos	RB	Ponte de madeira na foz com o rio Piracicaba	Santa Bárbara d'Oeste
NUMA04900***	7.480.894	284.384	Rib. Anhumas	RB	Próx. à foz do rio Atibaia, antes da entrada da Rhodia	Paulínia
GERT02200**	7.516.614	243.860	Cór. Santa Gertrudes	RB	Estrada da fazenda Goiapá	Santa Gertrudes
GERT02500**	7.514.590	240.661	Cór. Santa Gertrudes	RB	Na captação de Santa Gertrudes	Santa Gertrudes
CRUM02300***	7.500.327	224.066	Rio Corumbataí	RB	Bairro Recreio, usina Tamandupá	Charqueada
CRUM02500***	7.494.544	224.256	Rio Corumbataí	RB	Na captação de Piracicaba	Piracicaba
PCAB02192***	7.488.602	234.645	Rio Piracicaba	RB	Ponte a 50m do km 135,3 da estrada Piracicaba-Limeira, próximo à usina Monte Alegre	Piracicaba
PCAB02300***	7.487.701	225.493	Rio Piracicaba	RB	Ponte do Caixão	Piracicaba
PCAB02800***	7.487.902	214.635	Rio Piracicaba	RB	Em frente à fonte sulfurosa junto ao posto 4D-07 Daee em Artemis	Piracicaba
PCBP02500***	7.494.072	173.704	Braço do rio Piracicaba	RB	Ponte da SP-191, trecho entre Santa Maria da Serra e São Manuel	Santa Maria da Serra

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

** Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII.

***Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII.

Legenda: RB (Rede Básica); MR (Monitoramento Regional)

A **Tabela 10.1.7.2.3-9** a seguir apresenta resultados médios para os indicadores já mencionados, Índice de Qualidade da Água - IQA, Índice de Abastecimento Público - IAP e Índice de Estado Trófico - IET em 2007, disponibilizados pela Cetesb retratando, de modo geral, a qualidade das águas na bacia do rio Piracicaba. Na **Figura 10.1.7.2.6-7**, apresentada no final do **item 10.1.7.2.6.**, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

TABELA 10.1.7.2.3-9: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Piracicaba, Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2008).

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
QUIL03200***	Rio Quilombo	-	-	-	-	-	-
QUIL03900***	Rio Quilombo	-	-	-	-	-	-
TOLE03900**	Rib. dos Toledos	-	-	-	-	-	-
NUMA04900***	Rib. Anhumas	-	-	-	-	-	-
GERT02200**	Cór. Santa Gertrudes	-	-	-	-	-	-
GERT02500**	Cór. Santa Gertrudes	-	-	-	-	-	-
CRUM02300***	Rio Corumbataí	-	-	-	-	-	-
CRUM02500***	Rio Corumbataí	54	Bom	44	Regular	56,65	Mesotrófico
PCAB02192***	Rio Piracicaba	37	Regular	-	-	64,00	Supereutrófico
PCAB02300***	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-
PCAB02800***	Rio Piracicaba	42	Regular	-	-	64,86	Supereutrófico
PCBP02500***	Braço do rio Piracicaba	71	Bom	-	-	60	Eutrófico

Fonte: Cetesb – 2009.

** Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII.

***Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII.

Legenda IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

O rio Piracicaba é o que se apresenta com situação mais crítica, com IQA Regular nos pontos selecionados, e valores de DBO e OD acima do permitido para rios de Classe 2. O ponto localizado no braço do rio Piracicaba (PCBP 02500) é o único que se apresenta com qualidade média da água Boa para IQA, mas situação eutrófica para IET.

Em relação ao rio Corumbataí, o ponto CRUM 02500 revelou IQA Bom e IAP Regular. Foi constatada também situação mesotrófica para o referido corpo d'água.

Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Bom e Regular, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF oscilaram de Bom a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

10.1.7.2.4. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 10 – Sorocaba - Médio Tietê

A Ugrhi 10 está disposta em uma área de 11.829 km^2 na porção centro sudeste do estado de São Paulo, sendo definida pela área de drenagem do rio Sorocaba e pela porção média do rio Tietê, no trecho compreendido entre a barragem do Rasgão a montante e o reservatório de Barra Bonita a jusante. Nesta unidade de gerenciamento não estão incluídas as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, afluentes do rio Tietê pela margem direita e que constituem a Ugrhi 5, analisada no item anterior.

Trata-se de uma bacia com vazão média de 107 m^3/s e precipitação anual em torno de 1.200 mm, onde o período chuvoso compreende os meses de outubro a março. Trata-se de um quadro desafiador haja vista que mesmo considerando as contribuições externas, estas vêm agravadas por fortes cargas poluidoras.

Na Ugrhi 10 vivem, aproximadamente 1.798.118 habitantes (Seade, 2007). As demandas consuntivas totalizam 17,98 m^3/s (Cetesb, 2009, op. citado), estando voltadas principalmente para a irrigação (8,35 m^3/s), seguido pelo abastecimento urbano (5,27 m^3/s) e finalmente pelo abastecimento industrial (4,36 m^3/s).

São coletados, aproximadamente, 88% do esgoto produzido nessa Ugrhi, com índice de tratamento da ordem de 51% dos esgotos gerados. A carga poluidora potencial é estimada em 84.776 kg DBO por dia, resultando numa carga remanescente da ordem de 47.415 kg DBO por dia.

A área da bacia hidrográfica Sorocaba-Médio Tietê foi objeto de divisão em cinco sub-bacias por ocasião da publicação do Relatório de Situação em 1995. Após revisão do IPT, passou a se constituir por três sub-bacias compostas por drenagens de pequeno e médio porte que fluem diretamente para o rio Tietê e três sub-bacias que compõem a bacia do rio Sorocaba, resultando em seis sub-bacias, a saber: 1 – Médio Tietê Inferior (4.141,332 km^2); 2 – Médio Tietê Médio (1.025,181 km^2); 3 – Baixo Sorocaba (3.136,384 km^2); 4 – Médio Sorocaba (1.212,364 km^2); 5 – Médio Tietê Superior (1.388,065 km^2); 6 – Alto Sorocaba (924,498 km^2).

A figura a seguir apresenta as sub-bacias acima elencadas, destacando que o trajeto da dutovia na Ugrhi 10, desenvolve-se integralmente na sub-bacia 1 - Médio Tietê Inferior, abarcando o rio Tietê (município de Anhembi) nas proximidades da margem do rio Tietê, o porto fluvial e o terminal Botucatu, indicativo do fim do trecho que se inicia em Anhembi.

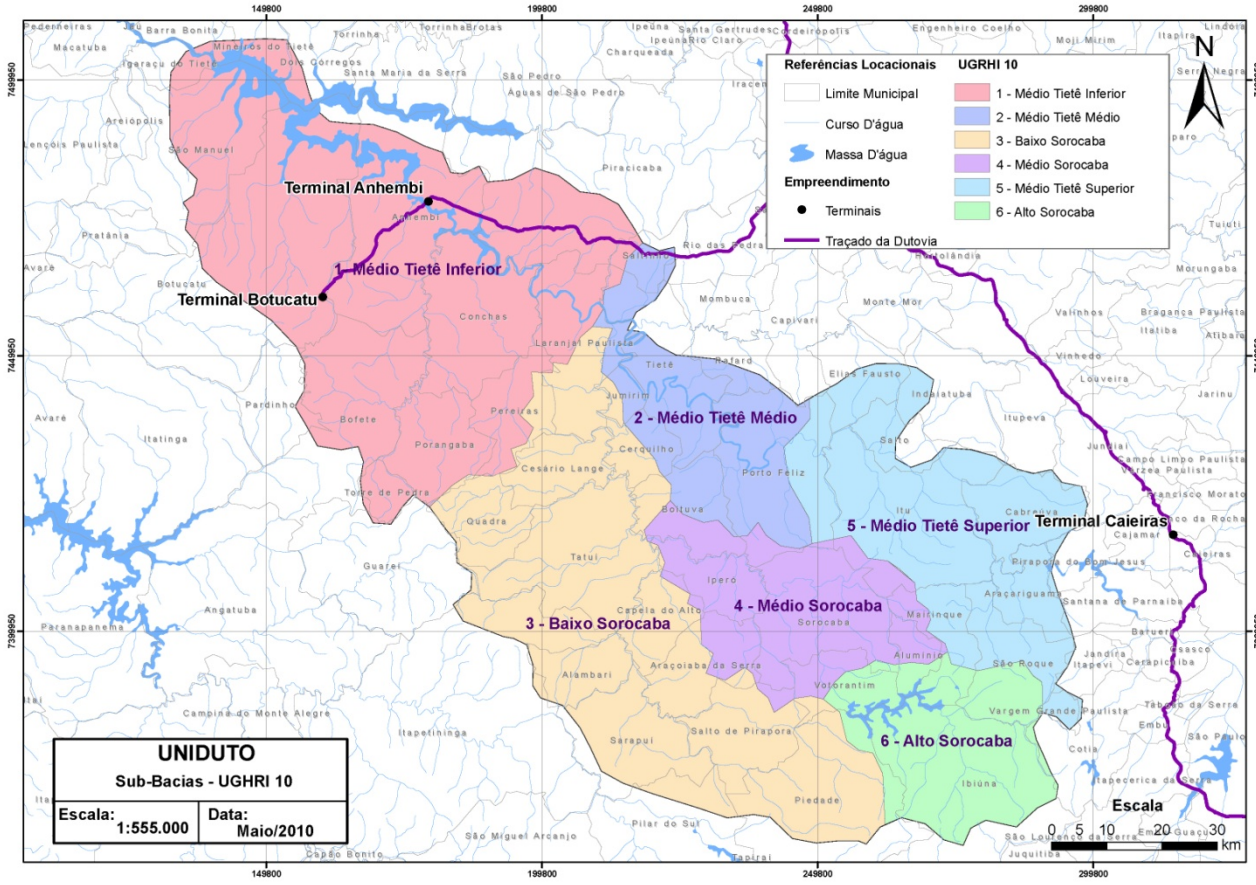


FIGURA 10.1.7.2.4-1: Traçado da dutovia no âmbito da Ugrhi 10 – Sorocaba – Médio Tietê e suas respectivas sub-bacias.

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A bacia do Médio Tietê compreende o trecho do rio Tietê desde a saída do reservatório de Pirapora até a barragem de Barra Bonita, com extensão de 367 km. Seus principais afluentes são os rios Jundiaí, Capivari e Piracicaba (Ugrhi 5), na margem direita e o rio Sorocaba, na margem esquerda.

De Pirapora até a usina hidrelétrica de Porto Góes, o rio Tietê e seus tributários apresentam-se mais aerados por drenar parte do planalto Atlântico, condicionando-o a vencer obstáculos com grandes turbilhonamentos em quedas de água e corredeiras. Para jusante, o rio Tietê drena áreas sedimentares até alcançar as cuestas basálticas onde, juntamente com o rio Piracicaba, forma um bloqueio voltando a apresentar quedas d'água e corredeiras hoje inundadas pelo reservatório de Barra Bonita.

Por sua vez, o rio Sorocaba formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, é o afluente mais importante da margem esquerda do Médio Tietê, desaguando neste em território do município de Laranjal Paulista.

O corpo lêntico de maior expressão nesta bacia corresponde ao reservatório de Barra Bonita. Implantado em 1963 na porção central do Estado de São Paulo, é formado essencialmente pelos rios Piracibaca e Tietê, sendo o primeiro de um complexo de represas instaladas ao longo do rio Tietê, a partir da cidade de São Paulo.

É alimentado por contribuições da própria Ugrhi 10, Sorocaba-Médio Tietê (elevado grau de industrialização), da Ugrhi 13, Tietê-Jacaré (em vias de industrialização) e da Ugrhi 5, em especial da bacia do rio Piracicaba (elevado grau de industrialização), formadora de seu braço direito.

O reservatório de Barra Bonita apresenta extensão de 480 m, com área inundável de 310 km^2, num desnível entre as cotas de 451,50 m e 439,50 m, num perímetro de 525 km. Sua profundidade varia entre 10,2 e 30,2 m com volume médio acumulado de $2.566x10^6$ m^3. Apresenta vazão média anual de $4.200x10^6$ m^3 e tempo de residência variável entre 30 a 180 dias (Calijuri, 1999 e AES-Tietê, 2004).

Estudos de Calijuri (1988), classificam o reservatório como um sistema polimítico, controlado por precipitações, vento, vazão e tempo de residência. De acordo com esses estudos, a coluna d'água desse reservatório tende a ser permanentemente desestratificada pela ação do vento, apresentando elevadas taxas de oxigênio dissolvido em toda a sua profundidade.

Na faixa de 10 km da AII, a dutovia insere-se na sub-bacia do Médio Tietê Inferior, estendendo-se desde o km 459 até o km 537, aproximadamente, englobando o trecho final do trecho Santa Bárbara-Anhembi e a totalidade do trecho Anhembi-Botucatu, interceptando os municípios de Saltinho, Piracicaba, Anhembi e Botucatu. O terminal Anhembi encontra-se no km 487, às margens do rio Tietê (município de Anhembi), no qual está localizado o porto fluvial do empreendimento, e o terminal Botucatu no km 459.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A Ugrhi 10 caracteriza-se por se apresentar com um perfil predominantemente urbano embora em alguns municípios exista uma população rural significativa, como é o caso de Ibiúna e Piedade. A população total estimada em 1.798.118 habitantes (projeção Seade, 2007), exibe taxa anual de crescimento corresponde a 3,09%, maior que a média para o estado de São Paulo (2,07%).

Sua economia tem como base a atividade industrial, destacando-se a indústria alimentícia, metalúrgica e extrativista. Sorocaba é o principal pólo industrial da bacia. A agricultura caracteriza-se pelos cultivos da cana-de-açúcar, braquiária, milho e hortaliças (Cetesb, 2009).

A demanda por água na Ugrhi 10 tende a crescer permitindo vislumbrar um quadro crítico quanto à disponibilidade hídrica superficial. A bacia tem um consumo médio de 17,98 m^3/, sendo a agricultura (irrigação) o maior usuário com 8,35 m^3/s, seguido pelo uso urbano com 5,27 m^3/s e pelo uso industrial com 4,36 m^3/s (Cetesb, 2009).

Na Ugrhi 10, o índice de aproveitamento de água em relação ao valor de referência de vazão mínimo ($Q_{7.10}$) alcança o percentual de 88,59%. O quadro é agravado caso sejam incluídas as demandas futuras estimadas para irrigação, ou seja, o percentual passaria para 172,75% em relação à oferta da bacia o que permite delinear um quadro de escassez num futuro próximo.

Quanto ao reservatório de Barra Bonita, originalmente construído para geração de energia hidrelétrica, é também utilizado para o transporte fluvial (hidrovia do rio Tietê - Paraná), irrigação, turismo, lazer, pesca, abastecimento urbano e como suporte ao desenvolvimento industrial da região. Desde o ano de 2000 vem sendo gerenciado pela AES-Tietê.

Em 31% dos municípios da bacia o abastecimento é feito a partir de águas superficiais (rios, córregos ou represas), 22% dos municípios da bacia utilizam exclusivamente águas subterrâneas para o abastecimento público, 28% dos municípios da bacia utilizam sistema misto e em 19% dos municípios da bacia não há dados a respeito de captações (CBH-SMT & FABH-SMT, 2008).

É importante destacar que na faixa de 10 km da AII, há dois pontos de captação de água para abastecimento público a montante da área do rio Tietê (município de Anhembi), localizados na **Figura 10.1.7.2.6-8** existente no final do item 10.1.7.2.6. A seguir, na **Tabela 10.1.7.2.4-1**, são apresentados os pontos de captação para abastecimento público. Outro aspecto relevante está relacionado à cidade de Botucatu, cujo abastecimento público é garantido pela importação de água da bacia do Médio Paranapanema (Ugrhi 17).

Tabela 10.1.7.2.4-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do empreendimento Projeto Uniduto Ugrhi 10 –Tietê-Sorocaba

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Ribeirão das Anhumas (23)	7.472.520	199.180	Piracicaba
Ribeirão das Anhumas (24)	7.472.520	199.180	Piracicaba

Fonte: Daee – 2009.

* Fuso 23 S – datum horizontal SAD

() Numeração do ponto de captação nas figuras apresentadas ao final desse item e no Anexo 17.V-1 – Mapa de Hidrografia e de Qualidades das Águas Superficiais – AII

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme a legislação estadual referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o Decreto Estadual n°10.755/77, na sub-bacia do Médio Tietê Inferior, os corpos d´água apresentam o seguinte enquadramento:

- Classe 3 - ribeirão Grande desde a confluência com o rio Campo Novo até a confluência com o rio Bauru, no município de Pederneiras; ribeirão Paraíso desde a confluência com o córrego Santo Antonio até a confluência com o rio Lençóis, no município de São Manoel; ribeirão dos Porcos desde a confluência com o córrego Santa Maria até a confluência com o rioTietê, na divisa dos municípios de Ibitinga e Borborema; rio Bauru desde a confluência com o ribeirão Grande até a confluência com o rio Tietê, no município de Pederneiras; rio Chibarro até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, no município de Araraquara; rio Jaú desde a confluência com o ribeirão Pouso Alegre até o rio Tietê, no município de Jaú; rio Jacaré-Guaçu desde a confluência com o rio Monjolinho até sua foz na represa de Ibitinga, no município de Ibitinga; rio Jacaré-Pepira desde a confluência com o ribeirão do Dourado até sua foz na represa de Ibitinga, na divisa dos municípios de Itaju e Ibitinga; rio Lençóis a jusante da captação de água de abastecimento para Lencóis Paulista até a confluência com o rio Tietê, na divisa dos municípios de Igaraçu do Tietê e Barra Bonita; rio São Lourenço desde a confluência com o córrego Cascavel até a confluência com o rio dos Porcos, na divisa dos municípios de Ibitinga e Itápolis.

- Classe 4 - córrego do Brejão desde a confluência com o córrego da Baixada até a confluência com o córrego do Viradouro, no município de Itápolis; córrego do Gregório até a confluência com o rio Monjolinho, no município de São Carlos; córrego da Paixão até a confluência com o ribeirão da Dobrada, no município de Dobrada; córrego Santo Antonio até a confluência com o ribeirão Paraíso, no município de São Manoel; córrego São Joaquim desde a confluência com o córrego da Água Quente até a confluência com a represa de Ibitinga, no município de Ibitinga; córrego do Viradouro desde a confluência com o córrego dos Areais até a confluência com o rio São Lourenço, no município de Itápolis; ribeirão dos Agudos até a confluência com o ribeirão Grande, no município de Agudos; ribeirão Bonito a jusante da captação de água e abastecimento de ribeirão Bonito até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, no município de ribeirão Bonito; ribeirão Campestre desde a confluência com o córrego Barbosa até a confluência com o rio Dourado, no Município de Guaiçara; ribeirão das Cruzes a jusante de água de abastecimento para Araraquara até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, no município de Araraquara; ribeirão da Dobrada até a confluência com o ribeirão dos Porcos, no Município de Taquaritinga; ribeirão do Dourado até a confluência com o rio Jacaré-Pepira, no Município de Dourado; ribeirão Grande desde a confluência com o Ribeirão dos Agudos até a confluência com o rio Campo Novo, no município de Agudos; ribeirão do Ouro até a confluência com o rio Chibarro, no município de Araraquara; ribeirão Pederneiras desde a confluência com o córrego Paciência até a confluência com o rio Tietê, no município de Pederneiras; ribeirão dos Porcos até a confluência com o córrego Santa Maria, no município de Taquaritinga; ribeirão São João desde a confluência com o córrego do Monjolo até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, no município de Ibitinga; ribeirãozinho até a confluência com o ribeirão dos Porcos, no município de Taquaritinga; rio Bauru a confluência com o ribeirão Grande, no município de Pederneiras; rio Boa Esperança desde a confluência com o córrego da Limeira até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, no município de Boa Esperança dos Sul; rio Itaquerê desde a confluência com o córrego Nova Europa até a confluência com o rio Jacaré-Guaçu, na divisa dos municípios de Tabatinga e Nova Europa; rio Jaú desde a confluência com o Córrego do Pires até a confluência com o Ribeirão Pouso Alegre, no município de Jaú; rio Monjolinho desde a confluência com o córrego do Gregório até a confluência com o ribeirão Jacaré-Guaçu, no município de São Carlos; rio São Lourenço até a confluência com o córrego Cascavel, no município de Matão.

- Os demais corpos d'água, não citados acima, são enquadrados na classe 2, incluindo o rio Tietê (município de Anhembi).

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

A Ugrhi 10 atua como passagem de volumes expressivos de água oriundas das Ugrhis 05 (Piracicaba, Capivari, Jundiaí) e 06 (Alto Tietê), que trazem cargas significativas de lixo e outros poluentes. Ao longo de seu percurso, os rios que compõem a Ugrhi Sorocaba – Médio Tietê recebem efluentes domésticos provenientes de 33 (trinta e três) municípios dos quais 23 (vinte e três) recebem algum tipo de tratamento.

Por sua vez, os efluentes industriais relacionam-se às empresas dos ramos alimentício, metalúrgico e extrativista, além das indústrias do ramo sucro-alcooleiro.

O reservatório de Barra Bonita recebe poluentes gerados na bacia do Alto Tietê, nas sub-bacias do Capivari, Jundiaí e Piracicaba, além das cargas oriundas da própria bacia do Sorocaba-Médio Tietê.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da faixa de 10 km da AII da dutovia, não existem pontos de monitoramento da qualidade da água, porém foram selecionados como referência, os pontos localizados na bacia do rio Tietê, os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.7.2.4-2** e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-10,** ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

TABELA 10.1.7.2.4-2: Pontos de Monitoramento na Ugrhi 10.

Cód. Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
TIBT02500	7.488.451	165.851	Braço Tietê	RB	Rodovia SP-191 que liga Santa Maria da Serra a São Manuel	Botucatu
TIET02450	7.458.454	210.514	Rio Tietê	RB	Ponte na estrada para a fazenda Santo Olegário em Laranjal Paulista	Salto
TIET02450	7.458.428	210.771	Rio Tietê	MAT	Próximo a ponte sobre o rio Tietê na estrada vicinal para a fazenda Santo Olegário, entre a SP-127 e a SP-320	Tietê
TIBB02100	7.495.466	155.803	Represa Barra Bonita	RB	No meio do corpo central , a jusante da confluência Braços Tietê e Piracicaba, E.F.-03	Botucatu
TIBB02700	7.502.838	145.452	Represa Barra Bonita	RB	No meio do corpo central na direção do cór. Araquazinho	São Manuel
TIBB02900	7.505.005	137.961	Represa Barra Bonita	SED	No meio do corpo central, a 300 m da barragem	-

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

Legenda: RB (Rede Básica); MR (Monitoramento Regional).

A **Tabela 10.1.7.2.4-3** apresenta resultados médios de IQA, IAP e IET de 2008, disponibilizados pela Cetesb retratando, de modo geral, a qualidade das águas na bacia do Sorocaba-Médio Tietê. Na **Figura 10.1.7.2.6-12**, apresentada no final do item 10.1.7.2.6., são dispostos os resultados do IQA de 2008.

TABELA 10.1.7.2.4-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na bacia do Rio Tietê, Ugrhi 10- Sorocaba -Médio Tietê– Valores Médios (2008).

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
TIBT02500	Braço Tietê	59	Boa	-	-	63,49	Eutrófico
TIET02450	Rio Tietê	35	Ruim	-	-	68,47	Hipereutrófico
TIET02450	Rio Tietê	-	-	-	-	-	-
TIBB02100	Represa Barra Bonita	77	Boa	-	-	63,26	Eutrófico
TIBB02700	Represa Barra Bonita	81	Ótima	-	-	61,18	Eutrófico
TIBB02900	Represa Barra Bonita	-	-	-	-	-	-

Fonte: Cetesb – 2009.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

Analisando-se os valores do IQA, nota-se que o ponto TIET 02450, localizado no município de Salto, apresenta-se com índice de qualidade de água Ruim, por estar durante todo o ano com elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, elevadas concentrações de $BDO_{5.20}$ e baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

O ponto TIBT 02500 no braço do Tietê e o ponto TIBB 02100 no reservatório de Barra Bonita apresentaram média de IQA classificada como Boa enquanto no ponto TIBB 02700 foi Ótimo. É importante destacar que o reservatório em estudo é alimentado por rios com níveis de qualidade de água bastante variáveis. Existem desde "águas nobres", correspondentes aos rios que drenam "Áreas de Proteção Ambiental" até "águas poluídas".

Ainda no reservatório de Barra Bonita, o Índice de Estado Trófico – IET Médio foi considerado eutrófico nos pontos TIBB 02100, TIBB 02700 e TIBT 02500, e Hipereutrófico no ponto TIET 02450, ressaltando que é a presença de fósforo o principal fator de sua eutrofização. Pode-se classificar o reservatório de Barra Bonita como um sistema polimítico eutrófico.

Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Ótimo e Ruim, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF variaram de Bom a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume selecionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

10.1.7.2.5 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu

Com forma aproximadamente retangular, a Ugrhi 9 está disposta em uma área de 15.004 km^2 na porção nordeste do estado de São Paulo, constituindo numa bacia de oitava ordem. Essa bacia é definida pela área de drenagem do rio Mogi-Guaçu que nasce na Serra da Mantiqueira, em território mineiro e adentra por São Paulo até desaguar no rio Pardo.

Trata-se de uma unidade que se apresenta com vazão média de 199 m^3/s e precipitação anual entre 1.100 e 1.700 mm, em que o período chuvoso compreende os meses de dezembro a fevereiro.

Na Ugrhi 9 vivem aproximadamente 1.436.273 habitantes (Seade, 2007). As demandas consuntivas totalizam 40,23 m^3/s (Cetesb, 2009, op. citado), estando voltadas principalmente para o abastecimento indutrial (27,83 m^3/s), seguido pela irrigação (8,61 m^3/s) e finalmente pelo abastecimento urbano (3,79 m^3/s).

São coletados, aproximadamente, 95% do esgoto produzido nessa Ugrhi, com índice de tratamento da ordem de 37% dos esgotos gerados. A carga poluidora potencial é estimada em 70.760 kg DBO por dia, resultando numa carga remanescente da ordem de 49.705 kg DBO por dia.

Para efeitos de gerenciamento, a bacia do rio Mogi-Guaçu foi subdividida em 5 unidades, a saber: Peixe, Jaguari-Mirim, Alto Mogi, Médio Mogi Superior e Médio Mogi Inferior.O percuso da dutovia nessa Ugrhi intercepta as sub-bacias do Alto Mogi e Médio Mogi Superior.

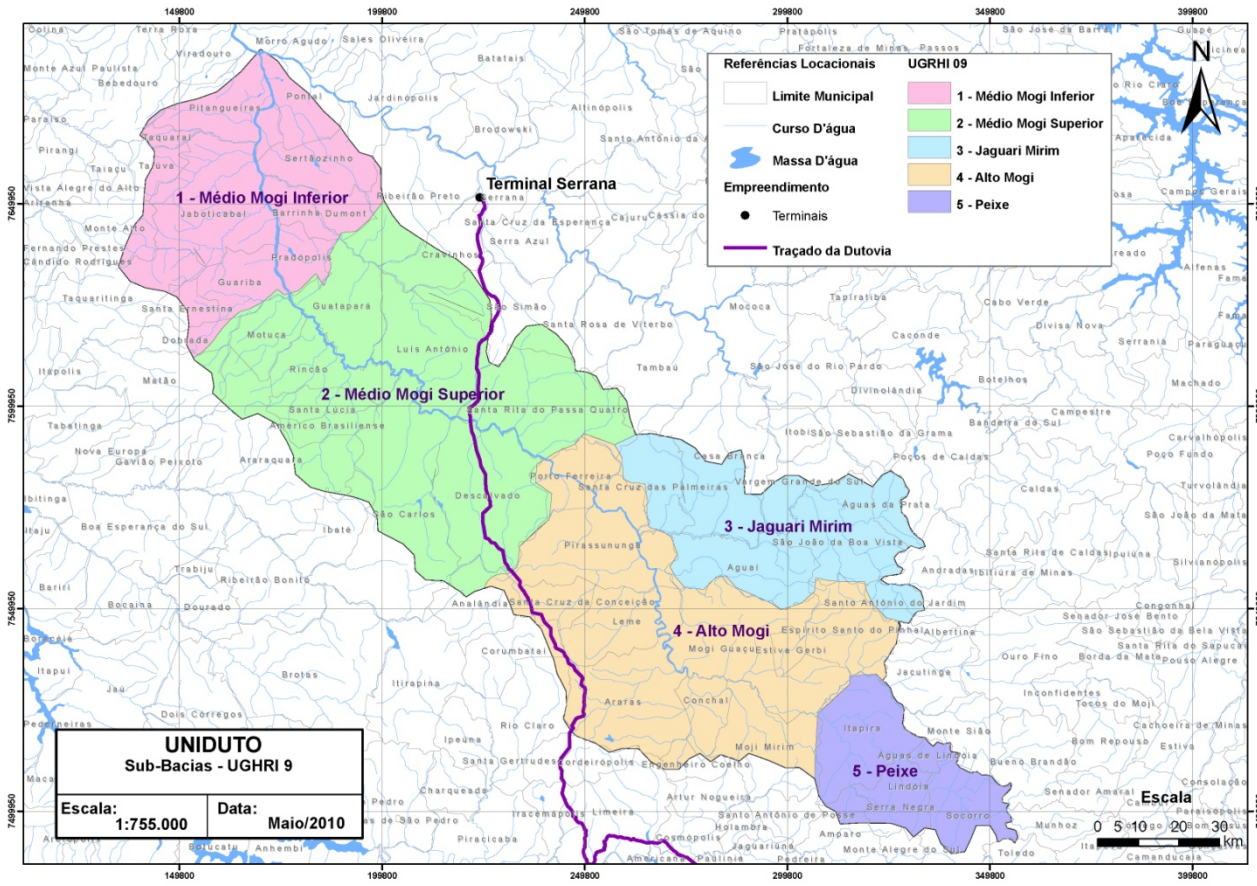


FIGURA 10.1.7.2.5-1: Traçado da dutovia no âmbito da Ugrhi 9 – Mogi-Guaçu e suas respectivas sub-bacias.

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O rio Mogi-Guaçu apresenta suas cabeceiras no morro do Curvado, numa altitude aproximada de 1.510 m, município de Bom Repouso no estado de Minas Gerais. Ao adentrar em território paulista, escoa longitudinalmente por 530 km e deságua na margem esquerda do rio Pardo, a 483 m acima do nível do mar. Ressalta-se que o rio Pardo é afluente da margem esquerda do rio Grande, um dos formadores do rio Paraná.

Entre seus tributários da margem direita merecem menção os rios Oriçanga, Itupeva, Jaguari Mirim e ribeirão da Onça. Na margem esquerda, destacam-se os rios do Peixe, Mogi-Mirim, das Araras e os ribeirões Ferraz do Meio, Moquém, do Roque, Santa Rosa, do Quilombo e do Rancho.

O percurso da dutovia na Ugrhi 9, na área da AII, estende-se desde o km 305 até o km 419, aproximadamente, englobando parcialmente o trecho Serrana-Santa Bárbara, interceptando os municípios de Araras, Rio Claro, Corumbataí, Leme, Santa Cruz da Conceição, Analândia, Pirassununga, Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio e São Simão até encontrar os limites da Ugrhi 4 – Pardo.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

A bacia do rio Mogi-Guaçu, por abrigar uma densa rede urbana, um importante parque industrial e apresentar em sua maior extensão os cultivos de cana-de- açúcar, pastagens, cítricos dentre outros, configura-se como um espaço de grandes transformações ao longo do processo histórico de ocupação, exploração agrícola, crescimento urbano e populacional. Hoje, é um reflexo da interiorização de indústrias, bem como das associações destas com os mais variados setores da agricultura.

Estas características trazem como consequência, a ampla gama de utilização dos recursos hídricos superficiais o que contribui para aumentar a pressão sobre a qualidade e quantidade desse recurso.

O rio Mogi-Guaçu em seu alto curso, em Espírito Santo do Pinhal, apresenta-se com vazão média em torno de 24,1 m^3/s, onde escoa sobre o cristalino pré-cambriano. Ao drenar áreas sedimentares, entre os municípios de Mogi-Guaçu e Porto Ferreira, passa apresentar vazão média de 138,1 m^3/s (Pirassununga). A seguir, entre Descalvado, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa Quatro, transpõe as cuestas do Planalto Ocidental Paulista, deixando seu curso-médio para entrar no baixo-curso, com uma vazão média de 178,4 m^3/s. Finalmente, em seu baixo curso, o rio Mogi-Guaçu apresenta uma vazão média de 396,38 m^3/s.

O balanço entre a demanda e a disponibilidade hídrica na bacia do rio Mogi-Guaçu, pode ser considerada ainda confortável, destacando que a Ugrhi 9 exporta para a Ugrhi 15 – Turvo Grande, cerca de 21,6 m^3/h (6 L/s) a partir do ribeirão da Estiva, para o abastecimento de Monte Alto.

Ao longo da faixa de 10 km da AII da dutovia, não são constatados pontos de captação de água para abastecimento público, como é verificado ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme a legislação estadual referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o Decreto Estadual n°10.755/77, na bacia do rio Mogi-Guaçu, enquadram-se na classe 4: o córrego Marinho até a confluência com o rio Claro, no município de Santa Rita do Passa Quatro, o córrego do Rosário, a jusante da captação de água de abastecimento para Descalvado até a confluência com o rio Bonito no município de Descalvado.

Na classe 3 enquadram-se: o rio Claro desde a confluência com o córrego Marinho até a confluência com o rio Mogi-Guaçu, no município de Santa Rita do Passa Quatro e o rio Bonito desde a confluência com o córrego Rosário até a confluência com o rio Mogi-Guaçu no município de Porto Ferreira. Os demais corpos d'água são enquadrados na Classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

A bacia do rio Mogi-Guaçu responde por importante parcela da produção agropecuária do Estado de São Paulo onde, as plantações de cana-de-açúcar dominam as maiores áreas, embora existam as culturas da laranja, braquiárias, milho, eucalipto, algodão, milho, soja e amendoim e em suas cabeceiras a cultura da batata e do morango.

Cada um desses cultivos possui características próprias quanto a produção de agentes contaminantes a partir dos insumos e dos tratamentos dados aos cultivos.

Diversificada e de grande interação entre a agricultura e agroindústrias, a bacia abriga indústrias com potencial poluidor tais como: de minerais não metálicos, metal mecânica, celulose e papel, madeira e mobiliário, processamento de leite, têxtil e calçados, sucroalcooleira, engarrafamento de bebidas, dentre outras.

Conclui-se que esta bacia apresenta uma expressão antrópica acentuada decorrente do recente processo de interiorização da indústria e de sua intensa modernização, aliados aos ganhos de produtividade da agropecuária. Além desses aspectos, há o lançamento de esgoto urbano sem o devido tratamento uma vez que apenas 37% dos esgotos coletados recebem algum tipo de tratamento.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo do trajeto do empreendimento Uniduto, não há pontos de monitoramento da qualidade da água na faixa dos 10 km da AII. Para melhor caracterizar esta questão, foram utilizados outros os pontos do programa Rede Básica da Cetesb, localizados na bacia do rio Mogi-Guaçu, os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.7.2.5-1** e localizados nas **Figuras 10.1.7.2.6-10** e **10.1.7.2.6-11**, ao fim do item 10.1.7.2.6, e no **Anexo 17.V-1**.

TABELA 10.1.7.2.5-1: Pontos de Monitoramento na Ugrhi 9 – Mogi-Guaçu.

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
ARAS02900	7.534.548	270.944	Rio Araras	RB	Ponte de madeira sobre o rio Araras na foz da ETE	Araras
ARAS03400	7.526.413	258.069	Rio Araras	RB	A montante do lançamento da ETE. Ponte do bairro Loreto	Araras
TINO03600	7.544.026	252.808	Cór. Constantino	RB	Ponte sobre o cór. Constantino na rodovia Anhanguera	Leme
MEIO02900	7.554.657	265.774	Rib. do Meio	RB	Ponte de Madeira sobre o rib. Do Meio ao lado da fezenda	Leme
TELA02700	7.519.960	255.608	Cór. Batistela	RB	Na capatação da SAEP, bairro Santa Fé, também conhecido como cór. da Barra	Araras
TELA02900	7.571.747	256.449	Cór. Batistela	RB	Na foz do cor. Batistela/Barra	Pirassununga
MOGU02340	7.573.578	255.416	Rio Mogi-Guaçu	RB	Na cachoeira de Emas, antes da barragem	Pirassununga
MOGU02450	7.582.385	242.151	Rio Mogi-Guaçu	RB	A jusante da cidade de Porto Ferreira, na ponte da rodovia Anhanguera, km 228	Porto Ferreira
MOGU02490	7.595.366	226.987	Rio Mogi-Guaçu	RB	Usina de Santa Rita, divisa Santa Rita do Passa Quatro com Descalvado	Santa Rita do Passa Quatro

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

Legenda: RB (Rede Básica);

A **Tabela 10.1.7.2.5-2** apresenta resultados médios de IQA, IAP e IET e de 2008, disponibilizados pela Cetesb retratando, de modo geral, a qualidade das águas na bacia do rio Mogi-Guaçu. Nas **Figuras 10.1.7.2.6-12** e **10.1.7.2.6-13**, apresentadas no final do item 10.1.7.2.6, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

Tabela 10.1.7.2.5-2: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na bacia do Rio Mogi-Guaçu, Ugrhi 9- Mogi-Guaçu– Valores Médios (2008)

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
ARAS02900	Rio Araras	21	Ruim	-	-	71,01	Hipereutrófico
ARAS03400	Rio Araras	46	Regular	-	-	56,87	Mesotrófico
TINO03600	Cór. Constantino	40	Regular	-	-	55,84	Mesotrófico
MEIO02900	Rib. do Meio	34	Ruim	-	-	65,52	Supereutrófico
TELA02700	Cór. Batistela	59	Boa	-	-	47,18	Ultraoligotrófico
TELA02900	Cór. Batistela	54	Boa	-	-	49,28	Oligotrófico
MOGU02340	R. Mogi-Guaçu	65	Boa	-	-	54,42	Mesotrófico
MOGU02450	R. Mogi-Guaçu	51	Regular	-	-	56,60	Mesotrófico
MOGU02490	R. Mogi-Guaçu	56	Boa	-	-	56,96	Mesotrófico

Fonte: Cetesb – 2009.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

Analisando-se os valores do IQA, nota-se que o ponto ARAS 02900, localizado no município de Araras, apresenta o pior índice de qualidade de água, provavelmente devido aos lançamentos do próprio município. Nos demais pontos de monitoramento a qualidade da água melhora demonstrado pelo IQA variando de Ruim no ponto MEIO 02900 a Bom nos pontos TELA 02700, TELA 02900, MOGU02340 e MOGU 02490. Este último resultado é constatado no ponto MOGU 02490, nos limites da faixa de 10 km da AII.

Dentre os pontos selecionados para caracterização da AII na bacia do rio Mogi-Guaçu, não há resultados para o IAP, mas em outros pontos de monitoramento posicionados ao longo do rio Mogi-Guaçu obteve-se resultado Regular em 2008. O adensamento urbano na região e o expressivo aporte de esgoto doméstico, sem tratamento, no rio Mogi-Guaçu comprometem a qualidade de suas águas.

Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Bom e Ruim em todos os pontos monitorados, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA variaram de Regular a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

10.1.7.2.6 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 04 – Pardo

Com forma aproximadamente retangular, a Ugrhi 4 está disposta em uma área de 8.993 km^2 na porção nordeste do estado de São Paulo. Essa bacia é definida pela área de drenagem pelo rio Pardo que nasce em território mineiro e adentra por São Paulo, até desaguar na margem esquerda do rio Grande, um dos formadores do rio Paraná.

Trata-se de uma unidade que se apresenta com vazão média de 140 m^3/s e precipitação anual entre 1600 e 1400 mm, em que o período chuvoso compreende os meses de verão (médias superiores ou iguais a 180 mm) e o período seco no inverno (médias ao redor de 30 mm), comportamento típico para o posicionamento geográfico que esta Ugrhi ocupa.

Na Ugrhi 4 vivem, aproximadamente 1.059.828 habitantes (Seade, 2007). As demandas consuntivas totalizam 20,68 m^3/s (Cetesb, 2009, op. citado), estando voltadas principalmente para a irrigação (10,69 m^3/s), seguida pelo abastecimento industrial (5,94 m^3/s) e finalmente pelo abastecimento urbano (4,05 m^3/s).

São coletados, aproximadamente, 99% do esgoto produzido nessa Ugrhi, com índice de tratamento da ordem de 61% dos esgotos gerados. A carga poluidora potencial é estimada em 53.318 kg DBO por dia, resultando numa carga remanescente da ordem de 22.494 kg DBO por dia.

Para efeitos de gerenciamento, a bacia do rio Pardo foi subdividida em 6 sub-bacias, a saber: 1 – Ribeirão São Pedro/Ribeirão da Floresta; 2 – Ribeirão da Prata/Ribeirão Tamanduá; 3 – Médio Pardo; 4 – Rio Canoas; 5 – Rio Tambaú/Rio Verde; 6 – Alto Pardo. O trajeto da dutovia desenvolve-se integralmente na sub-bacia 2 – Ribeirão da Prata/Ribeirão Tamanduá onde também se insere o terminal Serrana.

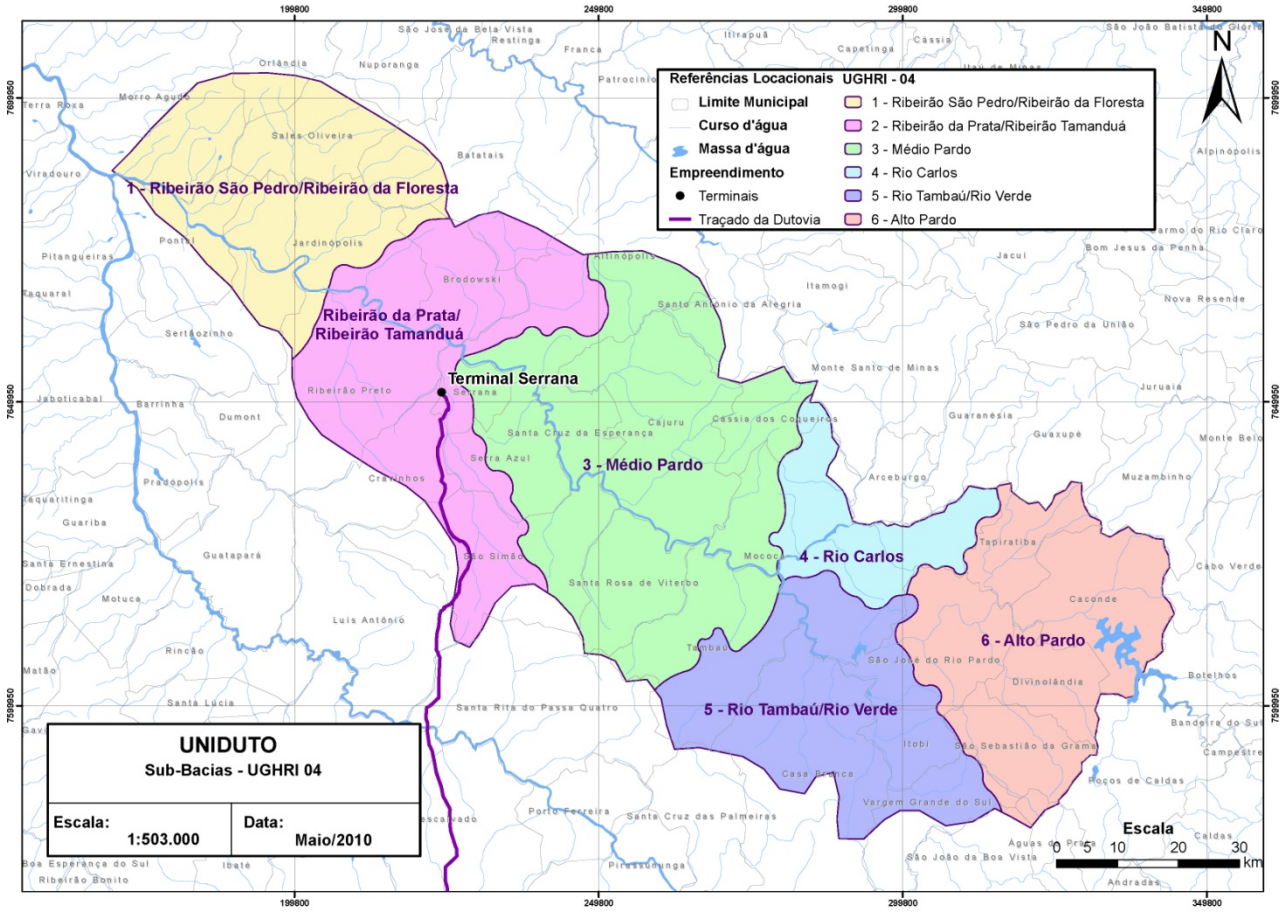


FIGURA 10.1.7.2.6-1: Traçado da dutovia do âmbito da Ugrhi 4 – Pardo e suas respectivas sub-bacias.

ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O rio Pardo, principal curso d'água da Ugrhi 4, tem suas nascentes no município de Ipuiúna na região centro-sul de Minas Gerais, adentra no estado de São Paulo no município de Caconde e avança no rumo noroeste por 240 km, até desaguar no rio Grande, em território da Ugrhi 12 – Baixo Pardo/Grande.

Entre os afluentes da margem direita identificam-se os rios Mococa, Cubatão, Araraquara, ribeirões da Prata ou Adão e São Pedro, dentre outros. Na margem esquerda, seu principal tributário é o rio Mogi-Guaçu, merecendo destaque também os rios Verde, Tambaú e o ribeirão Tamanduá, onde em áreas drenadas por este último será instalado o terminal Serrana.

O percurso da dutovia nessa bacia, na faixa de 10 km da AII, intercepta a sub-bacia 2, Ribeirão da Prata/Ribeirão Tamanduá, que drena uma área total de 1.680,84 Km^2 . É um trajeto de aproximadamente 40 quilômetros, passando pelos municípios de Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos, Serra Azul e Serrana ao longo da área drenada pelo ribeirão do Tamanduá onde no Km 459 encontra-se o terminal Serrana.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS

O uso do solo predominate na Ugrhi 4 é urbano-industrial e agrícola com presença expressiva de culturas temporárias como a cana-de açúcar, além de pastagens e silvicultura. Assim, as águas superficiais servem ao abastecimento público e industrial, afastamento de efluentes domésticos e industriais e irrigação de plantações.

Dentre as indústrias destacam-se as alimentícias (extração e refino de óleos vegetais), usinas (açúcar e álcool), engenhos, curtumes, papel e celulose e metalúrgicas. É importante ressaltar que junto ao terminal Serrana, o uso do solo está relacionado às atividades agrícolas, plantação de cana-de-açúcar e silvicultura além da mineração (porto de areia) no município de São Simão.

Quanto à disponibilidade hídrica total da Ugrhi4, esta é de 29,94 m^3/s ($Q_{7,10}$) enquanto a sub-bacia com maior disponibilidade é a do Médio Pardo (8,42 m^3/s), com seus 2.533,78 km^2 de extensão. A sub-bacia 2, Ribeirão da Prata – Ribeirão Tamanduá, com 1.680,84 km^2 de área, apresenta disponibilidade hídrica em torno de 5,60 m^3/s.

O que chama a atenção nesta Ugrhi é o fato de as demandas superficiais serem maiores nas porções com menores potenciais de produção em águas subterrâneas. Além disso, na sub-bacia 2, a mais populosa e industrializada, a disponibilidade superficial já está comprometida em relação ao $Q_{7,10}$. Estas características trazem como consequência a ampla utilização dos recursos hídricos superficiais o que contribui para aumentar a pressão sobre a qualidade e quantidade desse recurso.

Na faixa de 10 km da AII, não há pontos de captação para abastecimento público.

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Conforme a legislação estadual referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o Decreto Estadual n°10.755/77, na bacia do rio Pardo, os córregos São Simão (até a confluência com o ribeirão Tamanduá, no município de São Simão), Serra Azul (até a confluência com o rio Pardo, no município de Serra Azul) e Serrinha ou Matadouro (até a confluência com o rio Pardo, no município de Serrana) estão enquadrados na Classe 4.

Na classe 3, é enquadrado o ribeirão Tamanduá desde a confluência com o córrego São Simão até a confluência com o ribeirão Tamanduazinho, na divisa dos municípios de Serra Azul e Cravinhos enquanto os demais corpos d'água são enquadrados na classe 2.

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

Pelas características dos usos do solo da Ugrhi 04, as principais fontes de poluição das águas superficiais são as cargas pontuais de origem doméstica e industrial e as cargas difusas de origem urbana e agrícola.

Os rios que compõem a bacia do rio Pardo recebem efluentes domésticos provenientes de 23 (vinte e três) municípios dos quais apenas 13 (treze) apresentam-se com algum tipo de tratamento. Ao longo do trajeto dutovia, Serra Azul é o único município com tratamento de esgotos (100%), enquanto nos demais, Cravinhos, São Simão e Serrana, o tratamento é praticamente nulo, representando uma carga poluidora potencial estimada em 4.309 kg DBO por dia.

O deflúvio superficial agrícola está condicionado às práticas utilizadas e à época do ano quando se realizam as atividades de cada safra (preparação para o plantio, aplicação de fertilizantes, defensivos agrícolas e colheita).

Por sua vez, os efluentes industriais relacionam-se às empresas dos ramos de papel, celulose, alimentício, têxtil, couros, instrumentação médico-hospitalar, de precisão e de automação, além das indústrias do ramo sucro-alcooleiro.

QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da faixa de 10 km da dutovia, não há pontos de monitoramento da qualidade da água, porém foram utilizados como referência para esse fim três pontos localizados na bacia do rio Pardo, sendo um a montante do terminal Serrana (PARD 02100) e dois a jusante (PARD 02500 e PARD 02600), os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.7.2.6-1** e localizados na **Figura 10.1.7.2.6-11,** ao fim do item 10.1.7.2.6, e **Anexo 17.V-1**.

TABELA 10.1.7.2.6-1: Pontos de Monitoramento na Ugrhi 4

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
PARD02100	7.607.465	288.499	Rio Pardo		Ponte da rodovia SP-340, no trecho que liga Casa Branca a Mococa	Casa Branca
PARD02500	7.664.285	213.033	Rio Pardo	RB	Margem esquerda, no Clube de Regatas de Ribeirão Preto	Ribeirão Preto
PARD02600	7.678.616	185.144	Rio Pardo	RB	Margem direita, a 50 m da ponte da rodovia que liga Pontal a Cândia	Pontal

Fonte: Cetesb – 2009.

* Fuso 23 S– datum horizontal SAD 69

Legenda: RB (Rede Básica)

Na **Tabela 10.1.7.2.6-2** a seguir são apresentados os resultados médios de IQA, IAP e IET, disponibilizados pela Cetesb retratando, de modo geral, a qualidade das águas na bacia do rio Pardo. Na **Figura 10.1.7.2.6-13**, apresentada no final do item 10.1.7.2.6, são dispostos os resultados do IQA de 2008.

TABELA 10.1.7.2.6-2: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na bacia do Rio Pardo, Ugrhi 4- Pardo– Valores Médios (2008).

Código Cetesb	Corpo hídrico	Média IQA	Classificação IQA	Média IAP	Classificação IAP	Média IET	Classificação IET
PARD02100	Rio Pardo	74	Boa	-	-	47,79	Oligotrófico
PARD02500	Rio Pardo	66	Boa	-	-	52,85	Mesotrófico
PARD02600	Rio Pardo	63	Boa	-	-	54,96	Mesotrófico

Fonte: Cetesb – 2009.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

Os valores médios de IQA no rio Pardo no ano de 2008 encontram-se na categoria Boa demonstrando semelhança na qualidade da água em relação aos resultados de 2007. A qualidade das águas do rio Pardo tende a receber maior aporte de poluição a jusante do município de Ribeirão Preto, evidenciando lançamento direto de esgotos domésticos no ambiente. A montante do terminal Serrana, no ponto PARD02100, o resultado foi considerado Ótimo nas amostragens realizadas no segundo semestre.

Na bacia do rio Pardo, o Índice de Estado Trófico foi calculado através das concentrações de fósforo total, com médias anuais que variaram de Oligotrófico a Mesotrófico. O ponto PARD02100 apresentou, ao longo dos meses de 2008, os valores mais baixos de IET.

Constata-se ainda que o ponto PARD02600, localizado a jusante de Ribeirão Preto, apresentou melhora nas concentrações de fósfoto total, assim como a redução das concentrações de coliformes termotolerantes.

Os resultados de IQA apresentaram classificação Bom em todos os pontos monitorados, enquanto os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA variaram de Ótimo a Bom. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

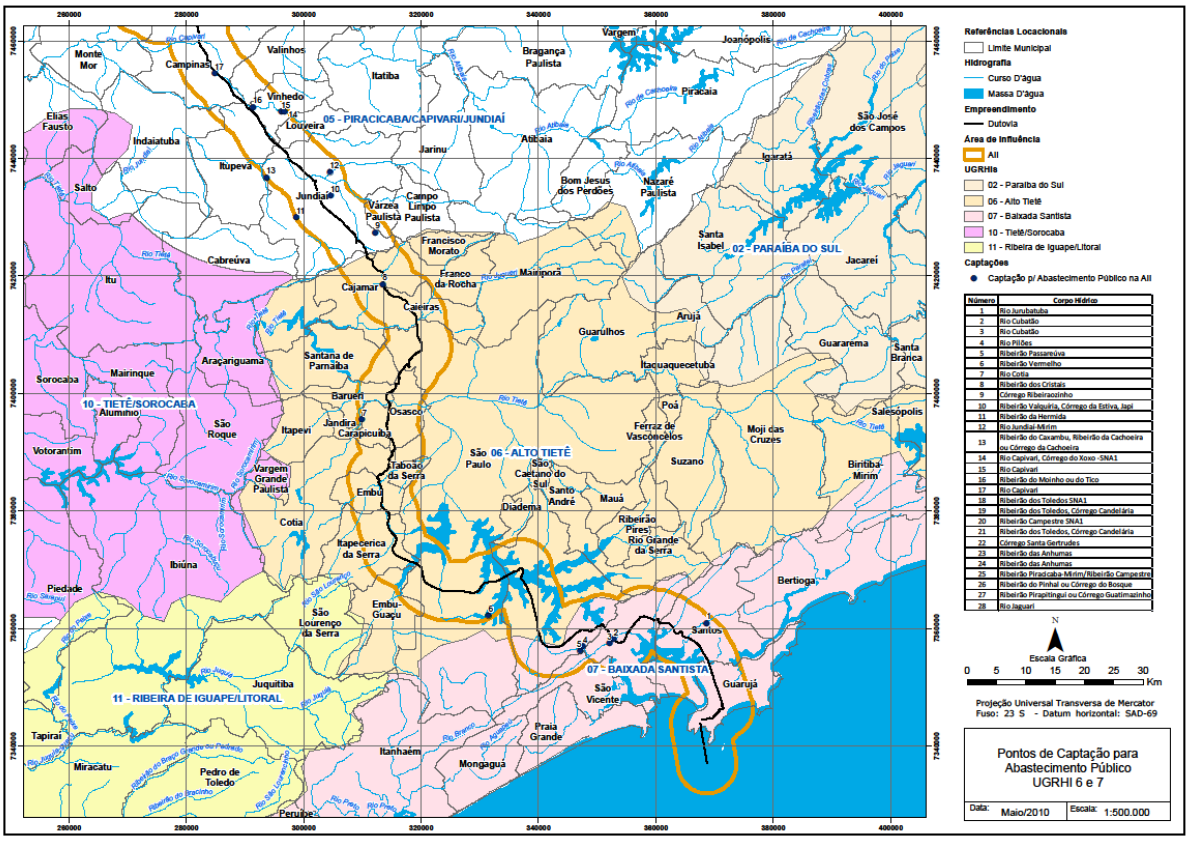


FIGURA 10.1.7.2.6-2: Pontos de Captação para Abastecimento Público Ugrhis 06 e 07.

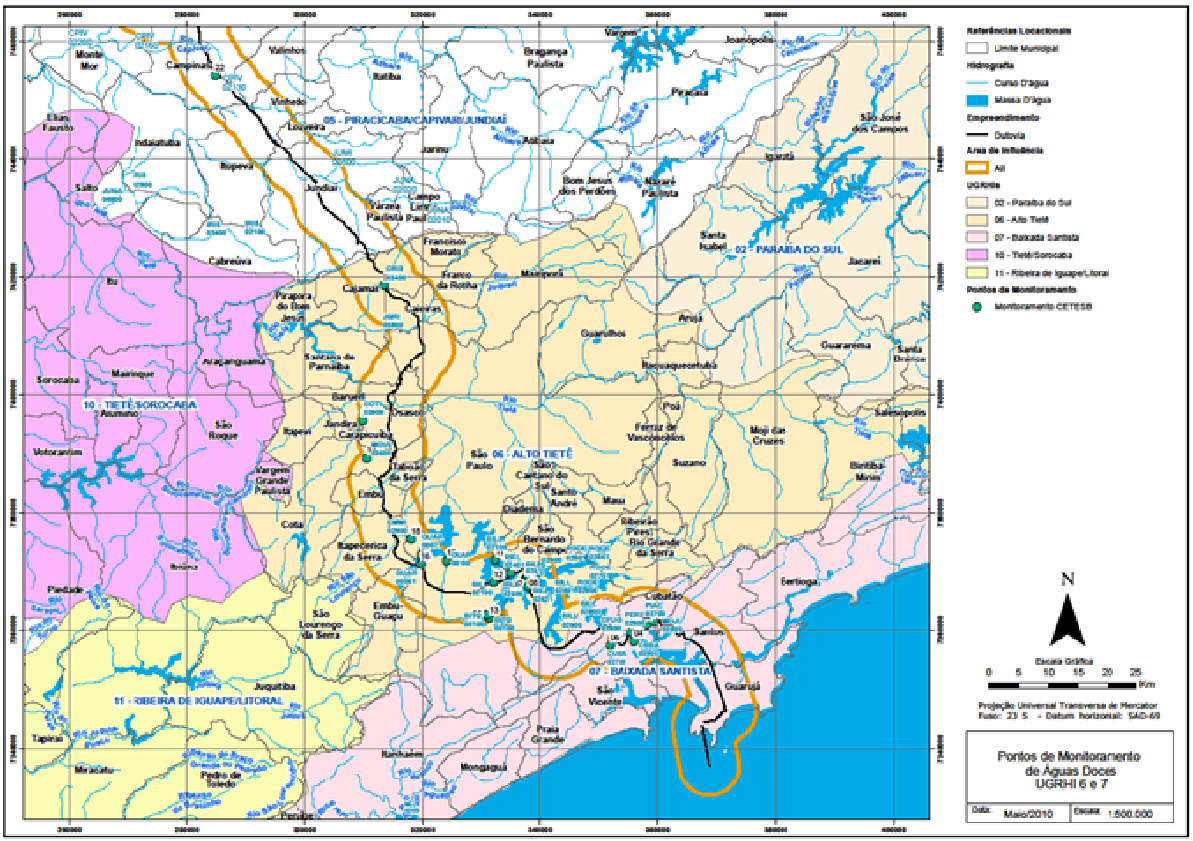


FIGURA 10.1.7.2.6-3: Pontos de Monitoramento de Águas Doces Ugrhis –06 e 07.

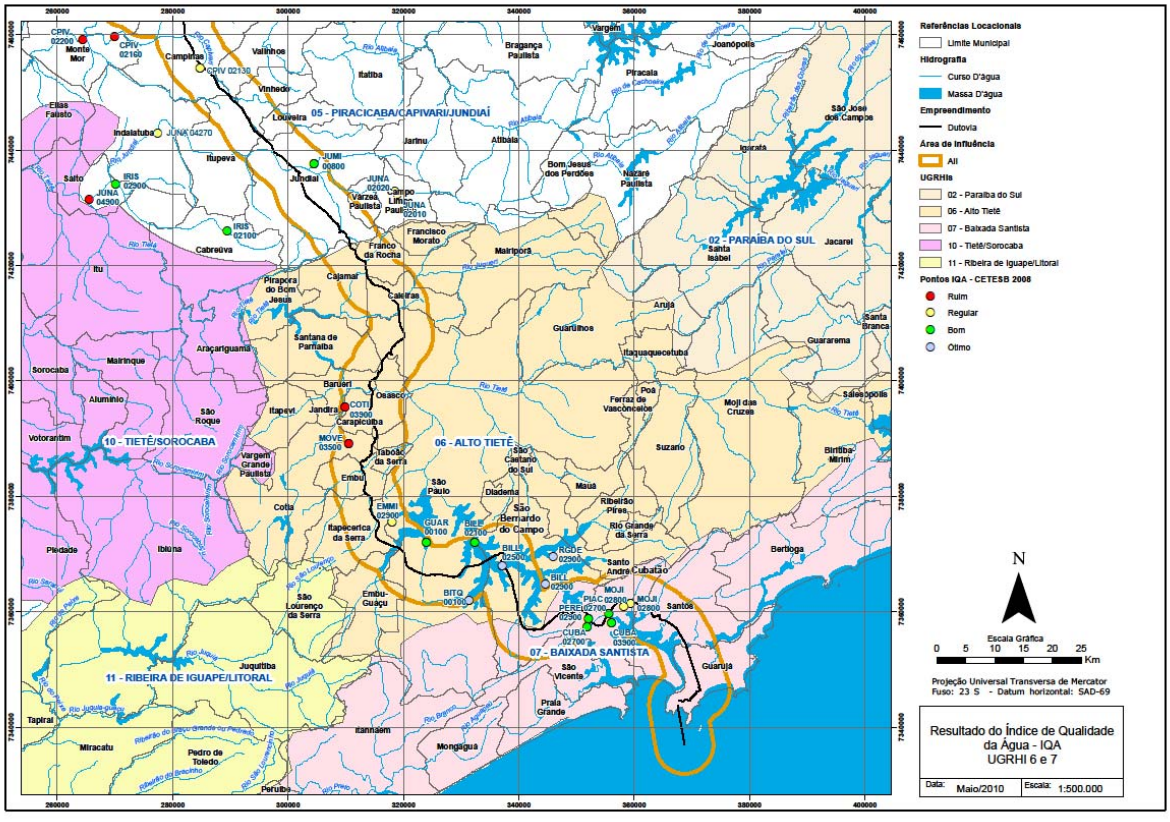


FIGURA 10.1.7.2.6-4: Resultados do Índice de Qualidade da Água – IQA Ugrhis – 6 e 7.

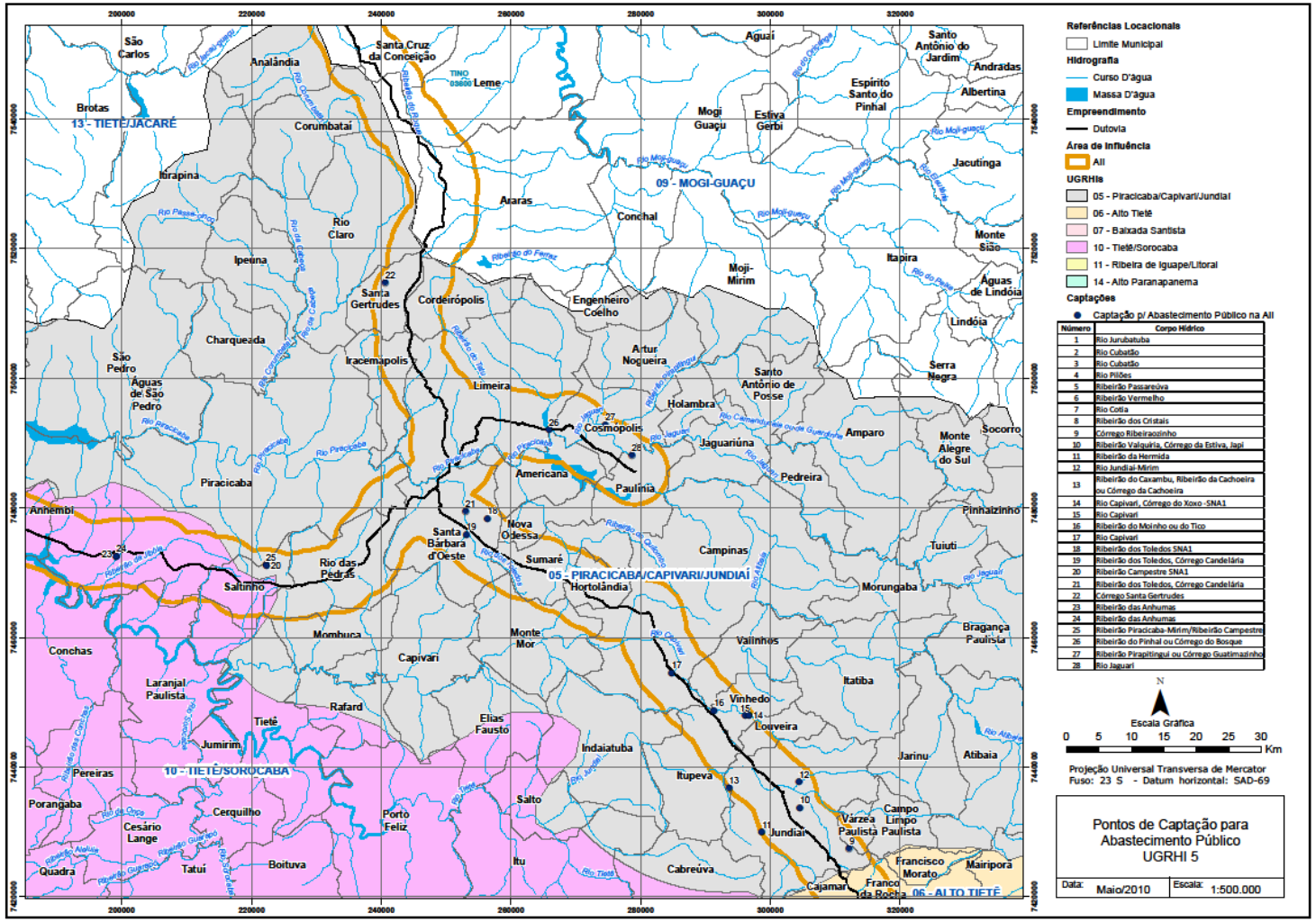


FIGURA 10.1.7.2.6-5: Pontos de Captação para Abastecimento Público Ugrhi – 5.

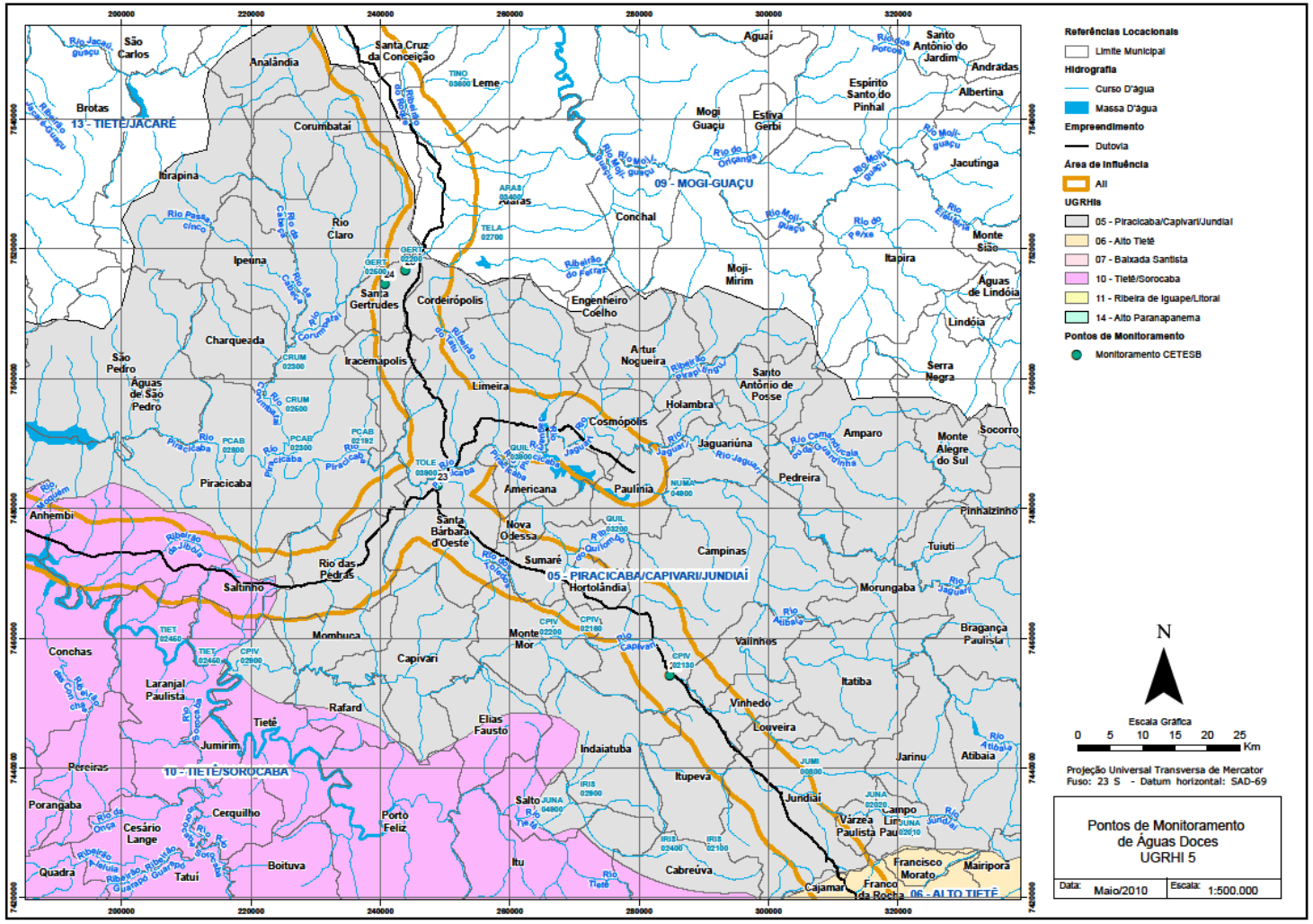


FIGURA 10.1.7.2.6-6: Pontos de Monitoramento de Águas Doces Ugrhi – 5.

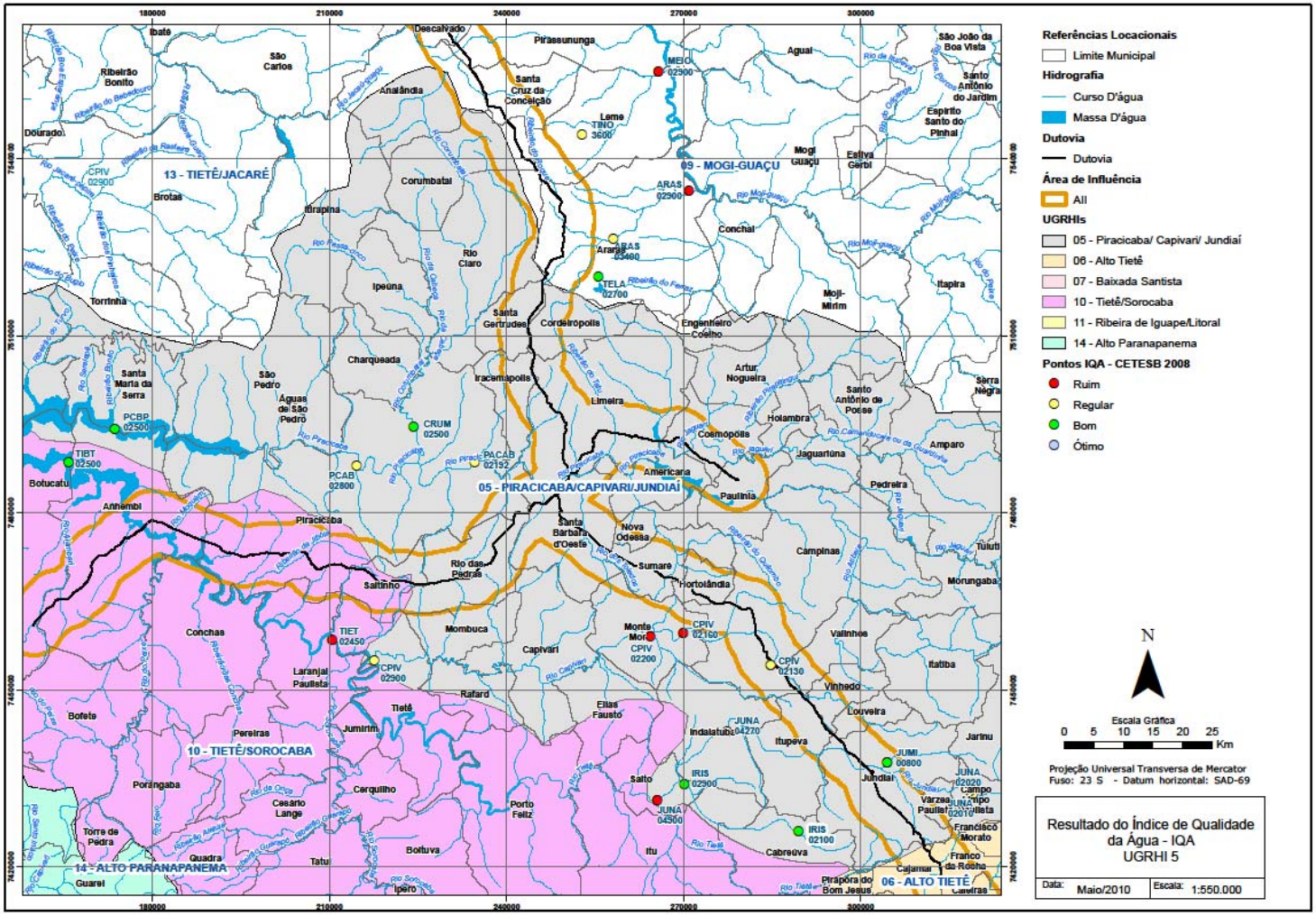
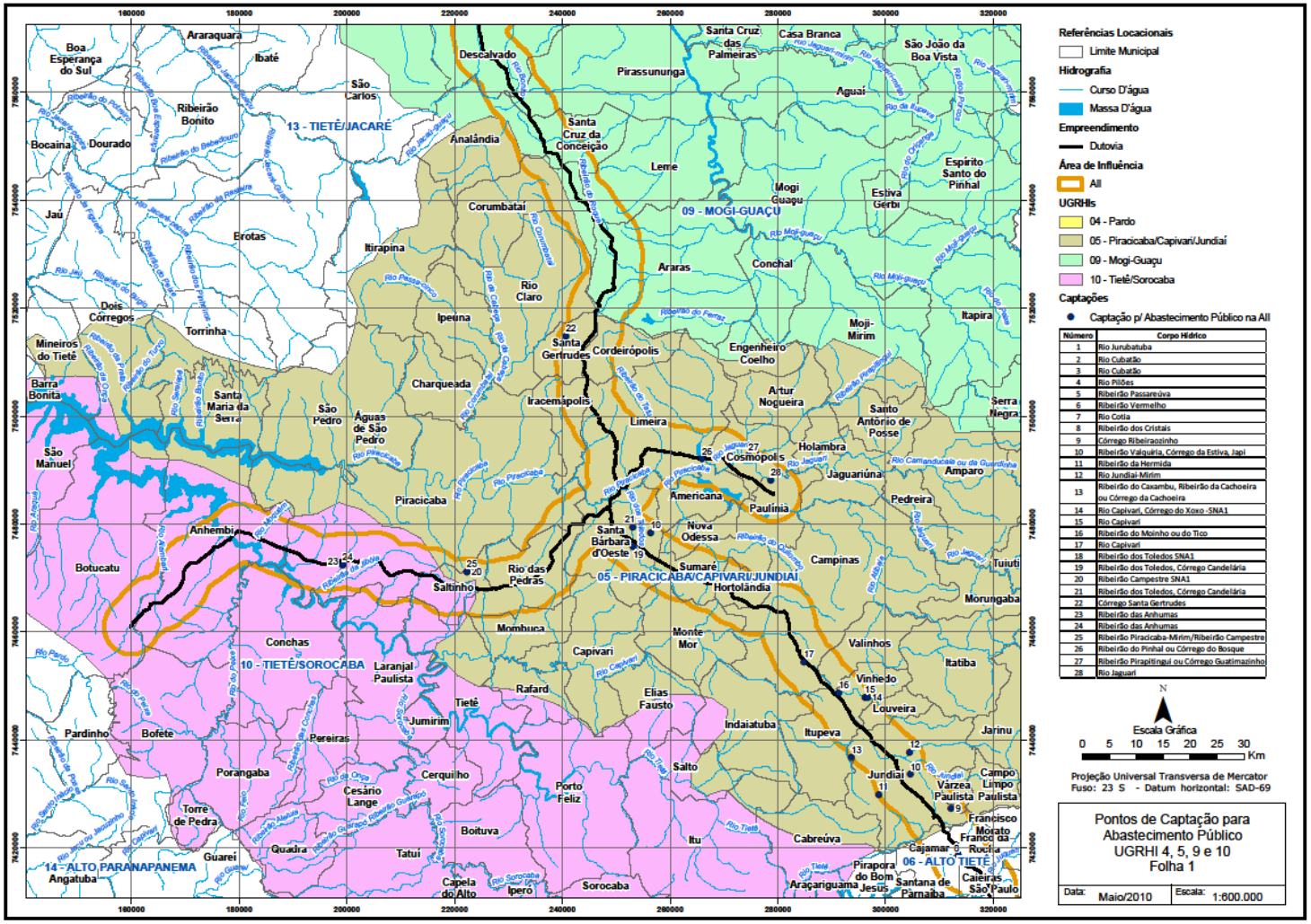


FIGURA 10.1.7.2.6-7: Resultados do Índice de Qualidade da Água – IQA Ugrhi 05.



Número	Corpo Hídrico
1	Rio Jurubatuba
2	Rio Cubatão
3	Rio Cubatão
4	Rio Piões
5	Ribeirão Passareúva
6	Ribeirão Vermelho
7	Rio Cotia
8	Ribeirão dos Cristais
9	Córrego Ribeiraozinho
10	Ribeirão Valquíria, Córrego da Estiva, Japi
11	Ribeirão da Hermida
12	Rio Jundiaí-Mirim
13	Ribeirão do Caxambu, Ribeirão da Cachoeira ou Córrego da Cachoeira
14	Rio Capivari, Córrego do Xoxo -SNA1
15	Rio Capivari
16	Ribeirão do Moinho ou do Tico
17	Rio Capivari
18	Ribeirão dos Toledos SNA1
19	Ribeirão dos Toledos, Córrego Candelária
20	Ribeirão Campestre SNA1
21	Ribeirão dos Toledos, Córrego Candelária
22	Córrego Santa Gertrudes
23	Ribeirão das Anhumas
24	Ribeirão das Anhumas
25	Ribeirão Piracicaba-Mirim/Ribeirão Campestre
26	Ribeirão do Pinhal ou Córrego do Bosque
27	Ribeirão Pirapitingui ou Córrego Guatimazinho
28	Rio Jaguari

FIGURA 10.1.7.2.6-8: Pontos de Captação para Abastecimento Público Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 1).

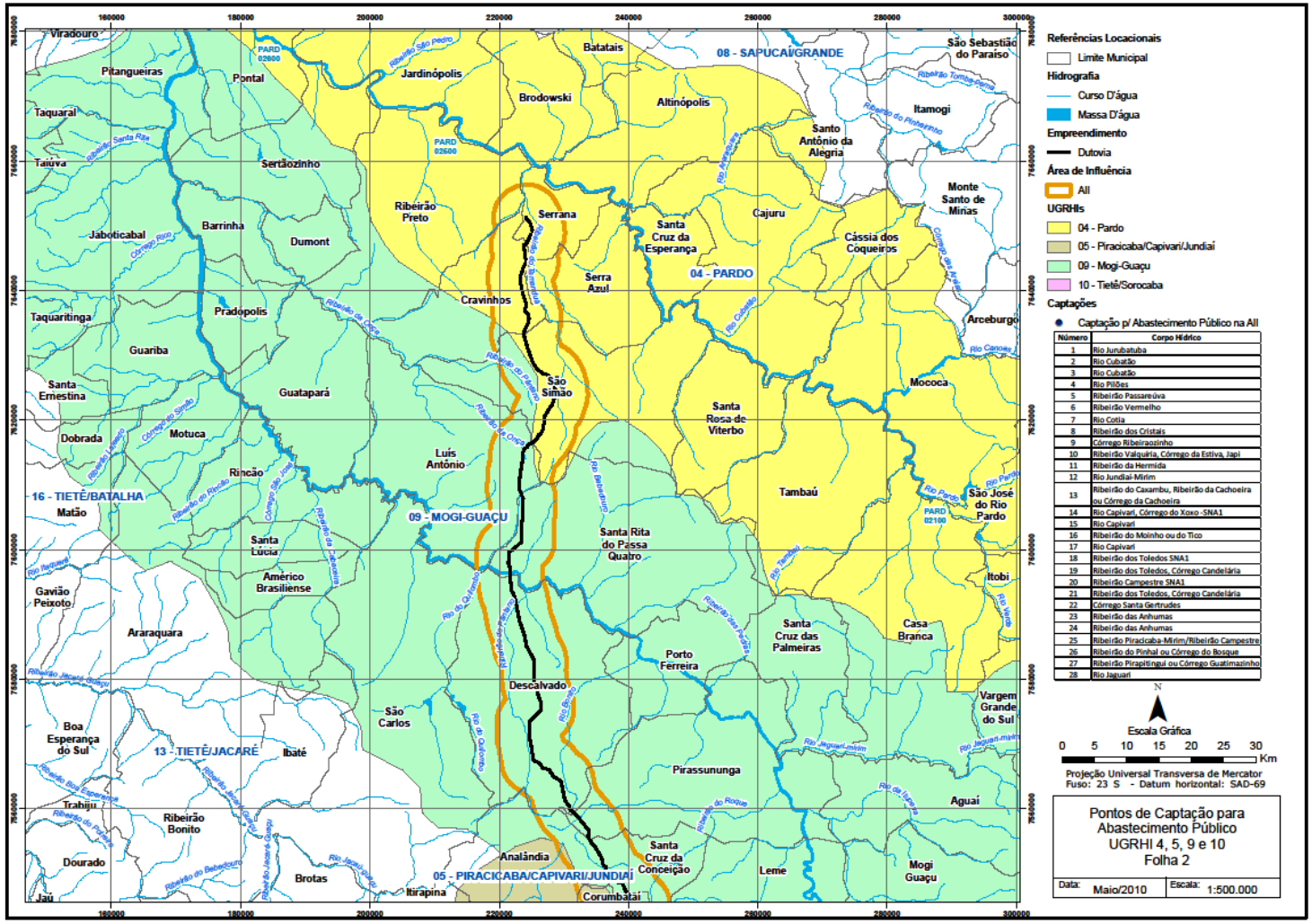


FIGURA 10.1.7.2.6-9: Pontos de Captação para Abastecimento Público Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 2).

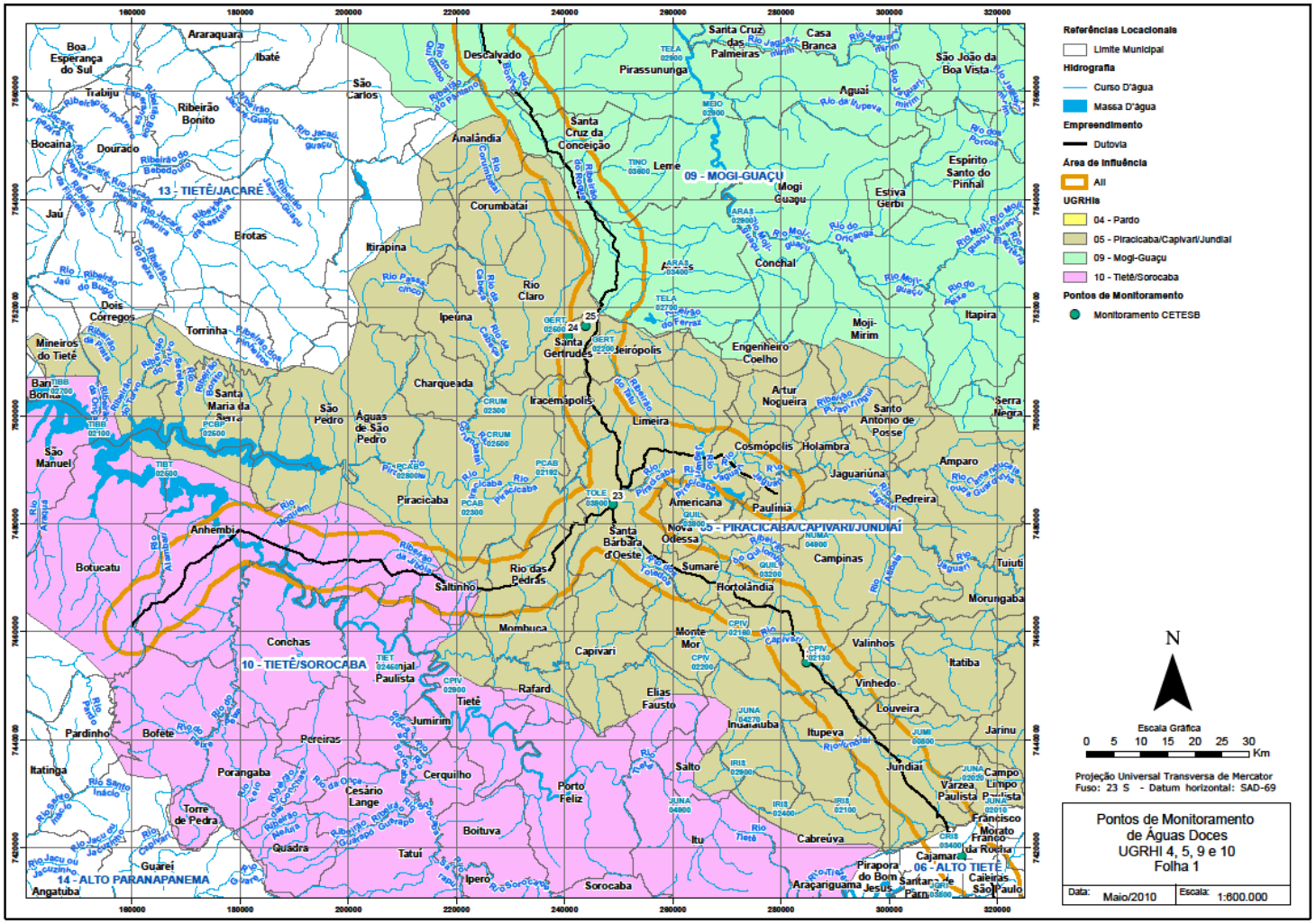


FIGURA 10.1.7.2.6-10: Pontos de Monitoramento de Águas Doces Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 1).

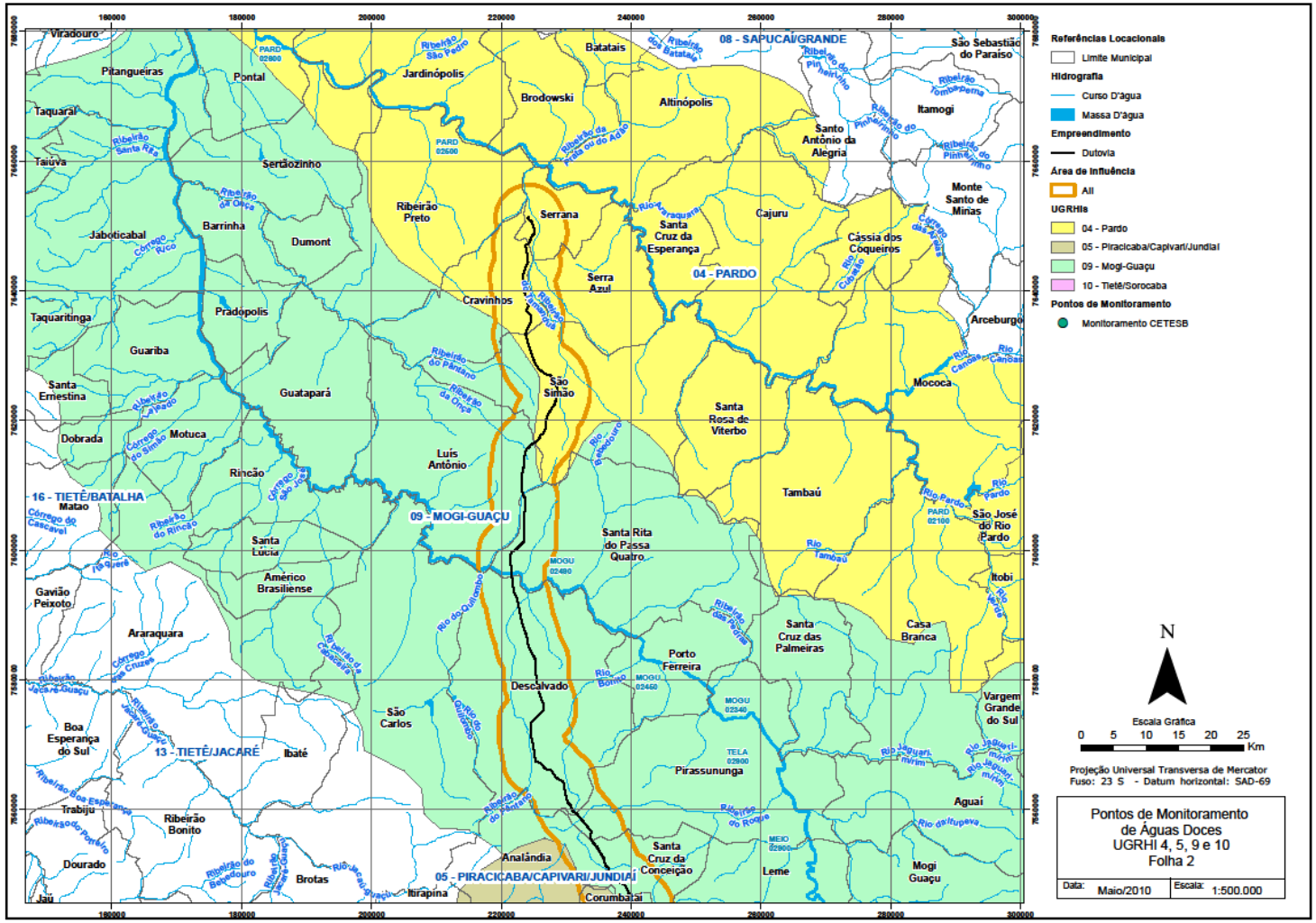


FIGURA 10.1.7.2.6-11: Pontos de Monitoramento de Águas Doces Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 2).

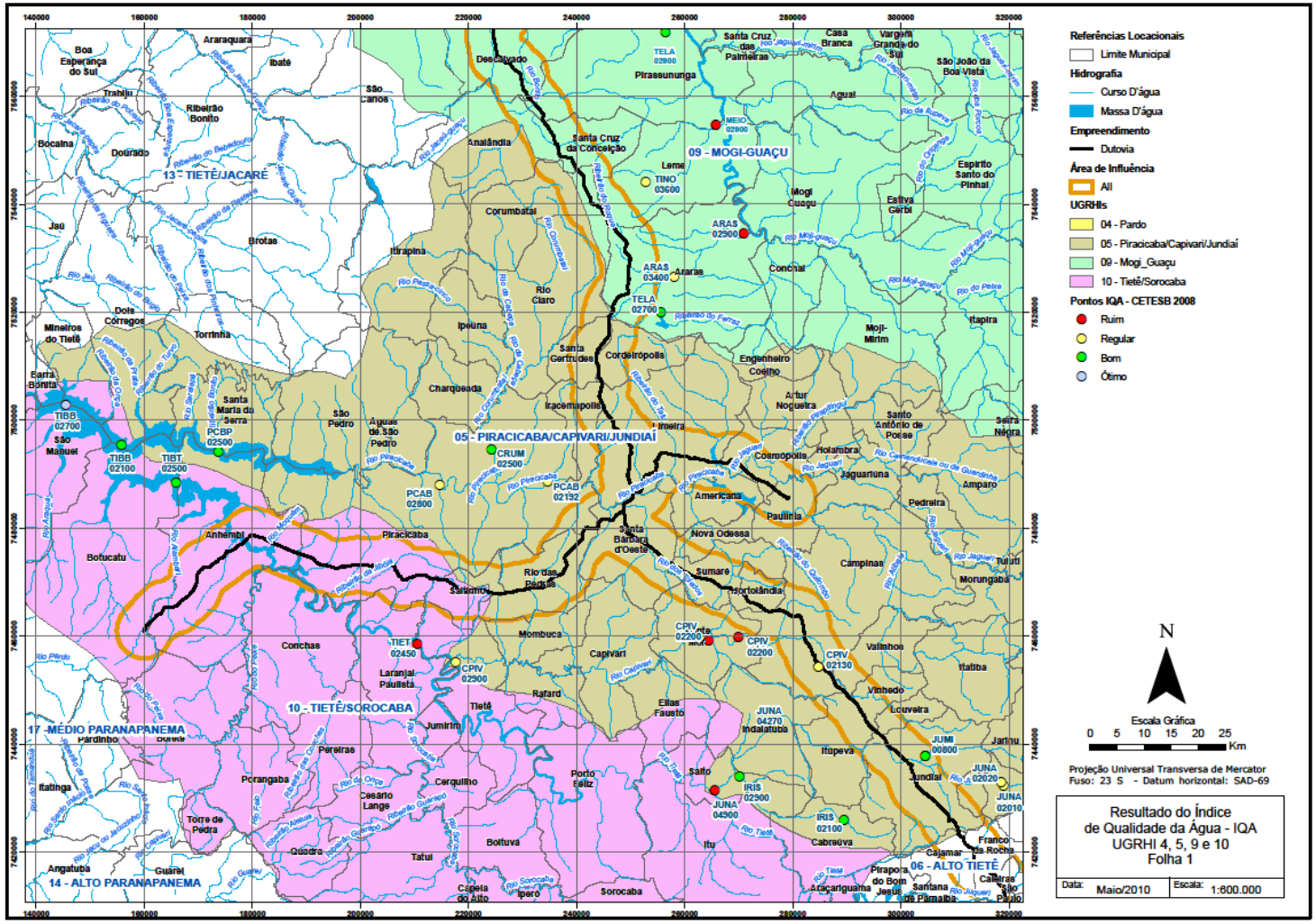


FIGURA 10.1.7.2.6-12: Resultados do Índice de Qualidade da Água - IQA Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 1).

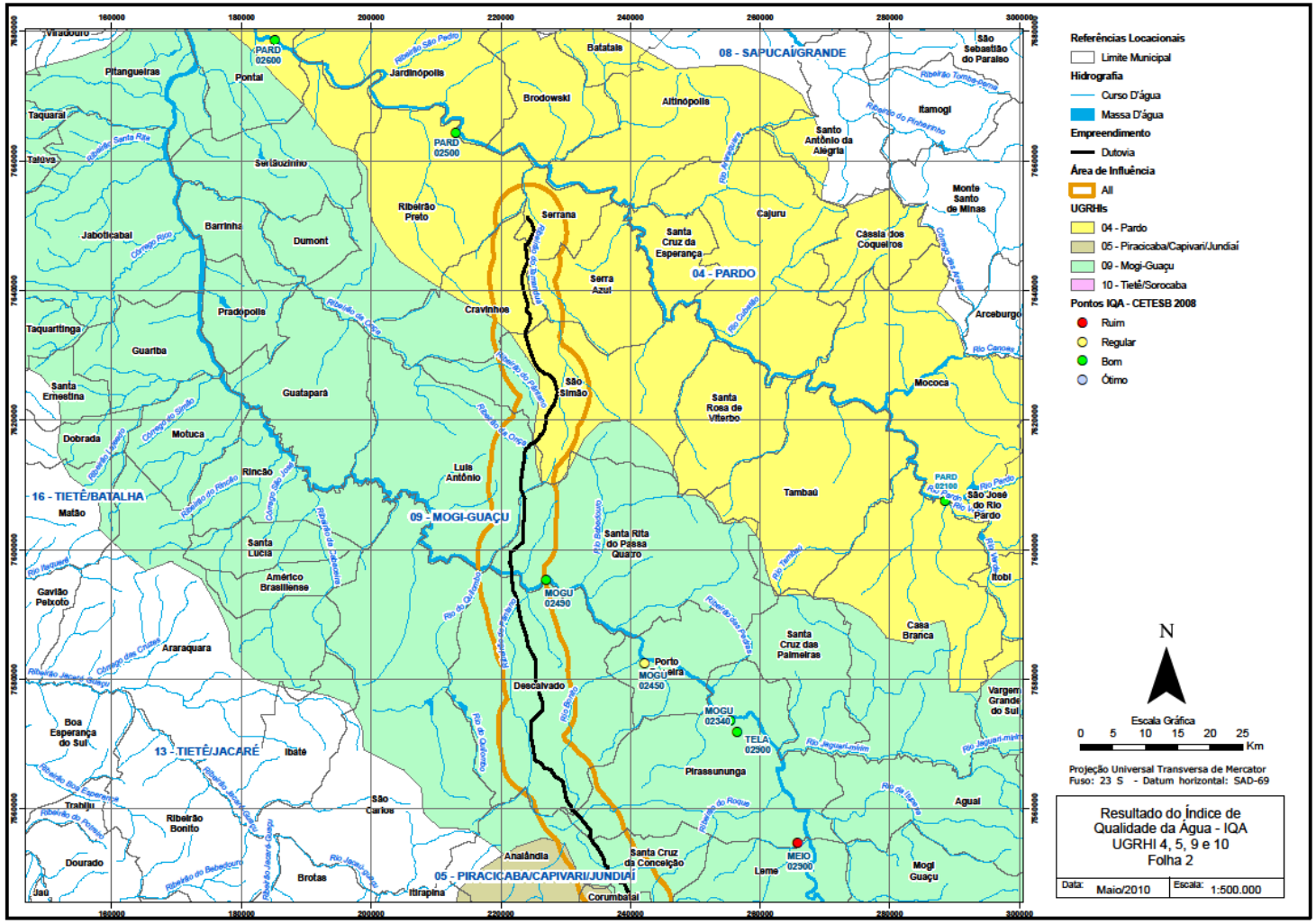


FIGURA 10.1.7.2.6-13: Resultados do Índice de Qualidade da Água - IQA Ugrhis 4, 5, 9 e 10 (Folha 2).

10.1.7.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Neste item, é apresentado o diagnóstico dos recursos hídricos superficiais da Área de Influência Direta – AID e da Área Diretamente Afetada - ADA do traçado da dutovia.

10.1.7.3.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 7 – Baixada Santista

Área de Influência Direta – AID

O sistema aquático da AID na Ugrhi 7 compreende três ambientes distintos: as bacias hidrográficas que fornecem água doce, a zona estuarina e a região costeira, com águas salinas.

Inicialmente, a faixa de 2 km da AID contempla a região marítima costeira do Guarujá, entre a Ponta do Munduba (leste) e a Ponta Rasa (oeste), transpõe o morro do Icanhema mantendo a leste a praia do Guaiúba, caracterizada por ter águas calmas e área urbanizada adjacente, primeiro bairro desse município a partir do estuário de Santos.

Na zona estuarina, a AID passa pelas sub-bacias dos rios Icanhema, do Meio e Santo Amaro, abrangendo uma região de atividade portuária, representada pelo Complexo Industrial e Naval do Guarujá – CING e, a seguir, pela área urbana de Guarujá, no bairro de Santa Rosa e no distrito de Vicente de Carvalho, até o canal de Bertioga, na divisa do município de Santos. Na área continental de Santos, destacam-se as bacias dos rios Diana, Jurubatuba, Quilombo e Onça, inseridas em faixa de extenso manguezal, que se mantém relativamente preservada.

No município de Cubatão, a AID passa a ter predomínio de águas doces, provenientes das bacias dos rios Moji, Perequê e Cubatão, caracterizadas por drenarem uma das áreas industriais mais relevantes do país, com complexo petroquímico, siderúrgico, de fertilizantes, dentre outros. Ainda neste município, encontram-se as águas doces afluentes do reservatório do Rio das Pedras, situado no planalto, município de São Bernardo do Campo.

Essas águas atravessam a zona serrana por meio de um sistema hidráulico, composto por dutos paralelos, integrantes da Usina Henry Borden, cuja operação está a cargo da Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A - Emae. Na área da planície, essas águas desembocam nos denominados Canais de Fuga I e II, que contribuem para o rio Cubatão, a montante do rio Perequê.

Após transpor o reservatório de Rio das Pedras, o traçado da dutovia passa a acompanhar a interligação Anchieta-Imigrantes – SP-160, quando alcança definitivamente, no km 61 o limite da Ugrhi 6 – Alto Tietê.

As águas superficiais da AID são destinadas a uma ampla gama de usos, como abastecimento público, recepção de esgotos de origem doméstica e industrial, pesca de subsistência e recreação, esportes náuticos, geração de energia elétrica, extração de areia, implantação de marinas e zona portuária. As demandas consuntivas são voltadas essencialmente ao abastecimento doméstico, sendo registrados dois pontos de captação da Sabesp no rio Cubatão, a jusante dos Canais de Fuga I e II, além de captações destinadas a uso das indústrias locais.

O Decreto Estadual n°10.755/77 dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água no estado de São Paulo. Para a Baixada Santista, o referido decreto estabelece como classe 1 " todos os cursos d'água do litoral desde a divisa dos municípios de Santos (hoje Bertioga) com São Sebastião até a divisa de Mongaguá e Itanhaém até a cota 50". Os cursos de água não mencionados e abaixo das cotas citadas estão compreendidos na classe 2.

Assim, na ilha de Santo Amaro – Sub-bacia 13, são considerados classe 1 as águas do alto curso do rio Santo Amaro até a cota 50. Na área de planície, todos os cursos d'água desta sub-bacia, bem como aqueles pertencentes ao rio do Meio e Icanhema, até sua foz estão compreendidos na classe 2. Para os demais corpos d'água (água doce) da Baixada Santista, o decreto enquadra-os na classe 2 à exceção do rio Cubatão, a jusante da captação da Sabesp como pertencente à classe 3.

De acordo com a Resolução Conama nº 357/05, especialmente em seu Capítulo VI – Art. 42 - "Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atual forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente". O canal de Bertioga, até o momento, não foi submetido ao enquadramento, de forma que esse trecho compreende "águas salobras - classe 1".

Essa mesma resolução dispõe, no Capítulo I - Art. 2º, sobre a classificação dos corpos d'água de acordo com a salinidade e usos preponderantes. As águas doces são as que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; as águas salobras valores superiores a 0,5 ‰ e inferiores a 30 ‰; e as águas salinas com teor igual ou superior a 30 ‰. Pelo fato de os rios Icanhema, do Meio e Santo Amaro desaguarem em área sob influência das águas do canal do estuário de Santos, comportando águas predominantemente salobras, optou-se por estabelecer no presente estudo uma avaliação desses rios (Icanhema, do Meio e Santo Amaro) de acordo com os padrões definidos pela Resolução Conama 357/05 para "águas doces classe 2" e também para "águas salobras classe 1". O canal do estuário de Santos será avaliado à luz dos padrões definidos para águas salobras classe 1 (**Quadro 10.1.7.3.1-1**).

As principais fontes de poluição na AID da Ugrhi 7 são de origem pontual, associadas ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento gerados nas zonas urbanas, além da relevante contribuição do pólo industrial de Cubatão. Também merece destaque o potencial poluidor representado pelo sistema de reversão das águas da Billings, que recebe concentrações de efluentes gerados na Região Metropolitana de São Paulo.

A qualidade das águas na AID é monitorada pela Cetesb em três pontos de amostragem concentrados no município de Cubatão. Os resultados obtidos, descritos em termos de valores médios anuais para 2008 (Cetesb, 2009), indicam águas mesotróficas no Canal de Fuga II (CFUG 02900), com Índice de Qualidade da Água - IQA Bom e Índice de Qualidade da Água para Abastecimento – IAP considerado Regular. O rio Moji (MOJI 02800) apresenta águas hipereutróficas, compreendendo IQA Regular. Águas de melhor qualidade são observadas no rio Perequê (PERE 02900), com características oligotróficas e resultado considerado Bom para IQA.

O rio Moji aponta altas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e acidez pronunciada, especialmente no trecho compreendido entre o viaduto da Usiminas (antiga Cosipa) e o ponto de captação de água desta empresa e, além disso, apresentou elevado potencial para formação de trihalometanos (THMs). A análise dos sedimentos coletados no rio Moji, na zona estuarina, indica que essa área constitui uma zona tipicamente sedimentar, com composição orgânica e elevado potencial de associação com contaminantes e nutrientes.

Na faixa costeira da AID, a Cetesb monitora semestralmente a praia do Guaiúba, que apresenta condições próprias para balneabilidade, recebendo a classificação anual Regular em 2008. Nesse mesmo ano, os indicadores utilizados pela Organização Mundial de Saúde atestam resultados excelentes de balneabilidade em 53% do período avaliado.

Nos sistemas de águas doces da AID, a biota aquática é monitorada pela Cetesb em três pontos: Canal de Fuga II (CFUG 02900), rio Moji (MOJI 02800) e rio Perequê (PERE 02900). Embora os resultados de IQA tenham variado a classificação entre Bom e Regular em todos os pontos monitorados, os resultados do Índice de Vida Aquática - IVA e Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF variaram de Bom a Péssimo. O IVA, ICF e o Índice da Comunidade Bentônica – ICB, como já mencionado na caracterização da AII, serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Em relação às outorgas, no trecho compreendido entre os km 7 e 8 destacam-se dois pontos de captação superficial em drenagem formadora do rio Icanhema, a montante do terminal Guarujá. Entre os km 17 e 18, nas proximidades do rio Acaraú, constata-se outorga para usos diversos. O mesmo rio Acaraú na altura do km 18 apresenta um ponto de travessia e outro de lançamento superficial. Travessia aérea também é constatada na altura do km 22 e no rio Diana.

Quando o empreendimento transpõe as cercanias do aterro sanitário Sítio das Neves, km 28, constata-se a presença de dois pontos de usos diversos na drenagem do córrego das Neves. Destaca-se ainda um ponto de usos diversos, km 31, e dois pontos de capatação privados na altura do km 32 na drenagem do rio da Onça.

A partir do km 35 até o km 46, o uso das águas intensifica-se nas drenagens dos rios Moji e Cubatão com captações privadas para abastecimento industrial e doméstico além de inúmeras travessias aéreas, lançamentos superficiais, usos diversos, uma vez que se adentra pelo parque industrial e zona urbana de Cubatão. Em particular, no km 46, verifica-se o ponto de abastecimento público CFUG 02900, de grande importância para o sistema de água que atende a RMBS.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.1-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID.

QUADRO 10.1.7.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Ugrhi 7.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 7 - Baixada Santista	Guarujá	0 a 10 (Folhas 1 e 2)	Oceano Atlântico/Praia do Guaiúba	Pesca, atracamento de barcos de pesca, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas salinas classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais) e difusa (uso do solo rural, urbano e industrial)	Influência de esgoto doméstico e portuário - Monitoramento Cetesb - Praia do Guaiúba - Balneabilidade Boa	Sistema marinho
			Rio Icanhema	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, uso rural, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais (área do CING)	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais) e difusa (uso do solo rural)	Influência de esgoto doméstico e industrial	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
			Rio do Meio					
		10 a 20 (Folhas 2, 3 e 4)	Rio Santo Amaro	Recepção de efluentes domésticos	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos).	Influência de esgoto doméstico e industrial	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
			Rio Pouca Saúde					
			Rio Acaraú					
		20 a 30 (Folhas 4,5 e 6)	Rio Agari	Recepção de efluentes domésticos	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos).	Influência de esgoto doméstico e industrial	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés

QUADRO 10.1.7.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Ugrhi 7.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 7 - Baixada Santista	Guarujá/ Santos	20 a 30 (Folhas 4,5 e 6)	Canal de Bertioga	Pesca, atracamento de barcos de pesca, recreação e recepção de efluentes domésticos	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais)	Influência de esgoto doméstico e industrial	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
	Santos		Rio Diana	Pesca	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de pesca e de esgoto doméstico, lixo da rodovia	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
			Rio Jurubatuba	Recepção de efluentes industriais (mineração) receptora efluentes e sedimentos	Águas salobras classe 1 Conama 357/05	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais, lixo da rodovia	Sistema lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
		30 a 40 (Folhas 6 e 7)	Rio Quilombo	Pesca	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Rio da Onça	Pesca	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Ugrhi 7.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 7 - Baixada Santista	Cubatão	30 a 40 (Folhas 6 e 7)	Rio Moji	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb nas proximidades da AID, Ponto MOJI02800- IQA Regular	Sistema lótico
			Rio Piaçaguera	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb Ponto PIAC 02700- IQA Regular	Sistema lótico
		40 a 50 (Folhas 7,8 e 9)	Rio Perequê	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb Ponto PERE02900 - IQA Bom	Sistema lótico
			Rio Cubatão	Abastecimento público e recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2 a montante da captação e classe 3 a jusante Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais.	Sistema lótico
			Canal de Fuga I	Abastecimento público e recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais)	Monitoramento Cetesb Ponto CFUG02900 - IQA Bom	Sistema lótico
			Canal de Fuga II					

QUADRO 10.1.7.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Ugrhi 7.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 7 - Baixada Santista	São Bernardo do Campo	40 a 50 (Folhas 7,8 e 9)	Reservatório Rio das Pedras	Abastecimento público e geração de energia hidráulica	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos Mananciais, influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca	Sistema lêntico (represamento de águas)
		50 a 57 58 a 61 (Folhas 9 e 10)	Rio Cágado	Pesca	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos mananciais, influência de efluentes de atividades de pesca, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Rio Passareúva	Pesca	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos mananciais, influência de efluentes de atividades de pesca, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Rio Cubatão de Cima	Pesca	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos mananciais, influência de efluentes de atividades de pesca, lixo da rodovia	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

Sob o aspecto hidrográfico, a passagem da dutovia na ADA na zona costeira, a partir da instalação portuária marítima *offshore* (monoboia), estende-se por 7 km até alcançar a costa na ilha de Santo Amaro, transpondo o morro do Icanhema (área do terminal Guarujá paralela ao alto curso do rio Icanhema), até a interceptação zero, no rio do Meio. A seguir o empreendimento adentra na zona urbana predominantemente residencial do Guarujá.

Depois de completar 14 km de extensão e interceptar a drenagem do rio Santo Amaro (ponto 2 de interceptação), a dutovia passa a acompanhar o traçado da rodovia Cônego Domênico Rangoni, que se torna linha divisória entre a zona residencial e a área de ocupação menos adensada.

No km 21, a dutovia transpõe o canal de Bertioga, divisa entre Guarujá e Santos, prevendo na sequência a interceptação de afluentes do estuário de Santos, como o rio Diana (km 23), Jurubatuba (km 26), Quilombo (km 30) e da Onça (km 31). A partir do km 33, o projeto adentra pelo município de Cubatão, interceptando entre os km 35 e 46, dezoito drenagens integrantes das bacias do rio Moji, Perequê e Cubatão, sucessivamente.

Entre os km 46 e 48, a dutovia acompanha o traçado do sistema Henry Borden (Emae), onde, na zona serrana, corresponde à linha do divisor de águas até o reservatório Rio das Pedras (São Bernardo do Campo), não interceptando qualquer drenagem natural nesse trecho. A partir da transposição do reservtório, o duto acompanha paralelamente a interligação Anchieta-Imigrantes – SP-160, cruzando nesse trecho onze cursos d'água até alcançar a seguir a Ugrhi 6 – Alto Tietê (km 61).

No total, estão previstas 53 travessias de drenagens na Ugrhi 7. Conforme **Quadro 10.1.7.3.1-2**, foram inspecionados em campo 18 cursos d'água em março e maio de 2010, situados ao longo do trajeto das rodovias Cônego Domênico Rangoni (antiga Piaçaguera-Guarujá) - SP-55 e Interligação Anchieta-Imigrantes - SP 160.

No geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável, a partir de 0,5 m, com máximo de 150 m, aproximadamente, no canal de Bertioga. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados possui obras de arte, principalmente pontes.

A ocupação no entorno dessas drenagens é predominantemente urbana nos municípios de Guarujá e de Cubatão, com exceção do trecho da Serra do Mar, e rural na parte continental do município de Santos.

Esse padrão de ocupação reflete-se no grau de preservação da vegetação existente ao longo dos cursos d'água e, consequentemente, na manutenção da qualidade das águas em níveis satisfatórios. Foram registrados remanescentes significativos de manguezais desde o km 20 até o km 31, onde está prevista a travessia da dutovia no canal de Bertioga e nos rios Diana, Jurutubatuba, Quilombo e Onça. No trecho serrano e no entorno do reservatório Rio das Pedras, observa-se excelente nível de conservação da mata, face a existência do Parque Estadual da Serra do Mar a partir da cota 100.

Em contraste, as piores condições foram detectadas na rodovia Cônego Domênico Rangoni, em Cubatão e no Guarujá, principalmente nos rios Santo Amaro, Cubatão e Perequê, com nítido comprometimento das águas em termos de turbidez e coloração acentuada, sinais evidentes de assoreamento do leito e proliferação de macrófitas aquáticas e de algas, conforme registro fotográfico do **Quadro 10.1.7.3.1-2**. Esse cenário é resultado também do aporte de esgotos domésticos e industriais, além do lixo urbano lançado no ambiente sem tratamento adequado. No período de inspeção, o tempo estava chuvoso, o que contribuiu também para aumento do fluxo de sólidos aos cursos d'água.

Durante a inspeção de campo, observou-se também que as águas do Canal de Fuga II da Emae apresentam melhor qualidade quando comparadas ao Canal de Fuga I, pois recebem contribuição das nascentes da Serra do Mar, enquanto que as águas do Canal de Fuga I sofrem influência do reservatório do Rio das Pedras, cuja qualidade é considerada Regular. Não há pontos de monitoramento da Cetesb na ADA.

O reservatório Rio das Pedras é o único sistema lêntico a ser cruzado pelo traçado da dutovia nesta Ugrhi. Esse ambiente propicia o desenvolvimento de comunidades aquáticas adaptadas à menor velocidade de corrente e também ao maior acúmulo de nutrientes minerais, o que implica no desenvolvimento de algas e de cianobactérias, além de deposição de quantidades consideráveis de matéria orgânica nos sedimentos, com ocorrência de déficits de oxigênio dissolvido nas camadas profundas.

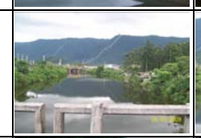
Em relação a outorgas, destaca-se na ADA dessa bacia a presença de uso diverso no ponto de interceptação 14 (km 31) e travessias aéreas nos pontos de interceptação 15 (km 35), 19 (km 36, 32 (km 40), 33 (km 42). Quanto a lançamentos superficiais, destaca-se um ponto no km 38 e o segundo no km 40. Não foram constatadas captações superficiais e barramentos nesse trecho da dutovia.

No **Quadro 10.1.7.3.1-2**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.1-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 7 - Baixada Santista

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 7 - Baixada Santista	Guarujá	0 - 10	9	Rio do Meio/ próximo à Av. Miguel Alonso Gonzales, Astúrias	0	7.344.579	23J 369.683	05/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, porém de fraca correnteza. Aprox. 2m (larg.)	Estrada	Ausente. Presença de gramínias utilizadas para pastagem e gados	Pastagem de gados	Assoreamento das margens	Água apresentando coloração escura, inodora.	Presença de muitas macrófitas flutuantes no curso d'água			
		10 - 20	10	Rio do Meio/ próximo à rua Gino Fabris, Astúrias	1	7.345.052	23J 370.042	05/05/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico. Aprox. 5m (larg.)	-	Ausente. Presença de gramínias	Ocupação urbana ao redor	Presença de canos de efluentes que desaguam no curso, além de assoreamento em algumas partes da margem.	Água apresentando coloração escura, inodora. Ambiente eutrofizado	Algumas macrófitas e muitas marrecas nadando no curso d'água (*Anas bahamensis*)			
			14	Rio Santo Amaro	2	7.347.483	23K 371.171	05/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, porém de fraca correnteza. Aprox. 15m (larg.)	Ponte (Piaçaguera) acima do rio, embora essa não altere o curso d'água.	Bosques de mangue na margem	Casas e palafitas na margem do rio, em área de mangue	Observado a presença de resíduos sólidos (lixos domésticos), possivelmente decorrente da ocupaçao do entorno	Água apresentando coloração escura. Ambiente eutrofizado	Sem macrófitas			
	Guarujá		21	Canal de Bertioga	3	7.353.869	23K 369.082	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico sob influência da maré. Aprox. 150m (larg.)	Ponte	Preservada em ambas as margens	Rodovia/Mata	Difusa, lançamento de esgotos sanitários e lixo doméstico	Turbidez não observada, assoreamento não observado	Sem macrófitas			
	Santos	20 - 30	22	Afluente do canal de Bertioga	4	7.354.835	23K 368685	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico sob influência da maré	Ponte	Preservada em ambas as margens	Rodovia/Mata	Difusa	Águas esverdeadas, baixa turbidez, assoreamento não observado	Sem macrófitas			
			23	Rio Diana	5	7.356.005	23K 367.984	05/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, porém apresentando fraca correnteza. Aprox. 30m (larg.)	Ponte (Piaçaguera) acima do rio, embora essa não altere o curso d'água	Bosques de mangue na margem preservado/	Manguezal e restinga	Não detectado	Coloração marrom da água, inodora.	Sem macrófitas			
			26	Rio Jurubatuba	7	7.358.020	23K 366.076	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico sob influência da maré e correnteza moderada. Aprox. 80m (larg.)	Ponte	Alterada	Mata	Difusa	Baixa turbidez, assoreamento não observado	Sem macrófitas			
			27	Rio Jurubatuba/ ao lado da Piaçaguera	8	7.357.876	23K 365.965	05/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, apresentando fraca correnteza. Aprox. 30m (larg.)	Ponte (Piaçaguera) acima do rio, embora essa não altere o curso d'água	Mata preservada próximo ao ponto	Localiza-se próximo à margem direita a pedreira Engelrita	Não detectado	Coloração marrom da água, inodora.	Sem macrófitas			
		30 - 40	30	Rio Quilombo	13	7.359.812	23K 363.052	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico com correnteza moderada. Aprox. 70m (larg.)	Ponte	Preservada em ambas as margens	Mata	Não observado	Baixa turbidez, assoreamento não observado	Sem macrófitas			
			30	Rio da Onça/ ao lado da Piaçaguera	14	7.360.844	23K 362.825	5/5/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, apresentando fraca correnteza. Aprox. 10m (larg.)	Ponte (Piaçaguera) acima do rio, embora essa não altere o curso d'água	Mata preservada na margem esquerda. A margem direita apresenta assoreamento e gramíneas em alguns pontos	Apenas mata	Observado um cano de concreto, em que seus efluentes desaguam em uma canalheta que escoa para o rio	Coloração cinza da água, inodora	Sem macrófitas			
			31	Rio da Onça	14A	7.360.576	23K 362.597	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza fraca. Aprox. 12m (larg.)	Ponte	Preservada em ambas as margens	Indústrias	Não observado	Água marrom-esverdeada, baixa turbidez, assoreamento não observado	Sem macrófitas			

Quadro 10.1.7.3.1-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 7 - Baixada Santista

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 7 - Baixada Santista	Cubatão	30 - 40	35	Rio Mogi	20	7.361.953	23K 360173	26/03/2010	Nublado	Rio com 10 m de largura com regime lótico com correnteza fraca	Ponte	Alterada	Indústrias	Lançamento de esgotos sanitários domésticos e industriais e lixo doméstico	Água esverdeada, turbidez média, assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
			36	Rio Piaçaguera	19	7.361.946	23K 358.412	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza moderada. Aprox. 3m (larg.)	Pontilhão	Alterada	Indústrias, Ferrovia, Pátio da Ecovias	Lançamento de efluentes industriais	Água esverdeada, turbidez média, assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
		40 - 50	40	Rio Perequê	32	7.359.763	23K 355.624	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 25m (larg.)	Ponte	Alterada	Indústrias e residências	Não observado	Coloração esverdeada elevada, assoreamento no leito	Com macrófitas nas margens			
	Cubatão		42	Rio Cubatão	33	7.358.329	23K 354.796	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 40m (larg.)	Ponte	Alterada	Indústrias e residências	Lançamento de esgotos sanitários domésticos, industriais e lixo doméstico	Águas esverdeadas, turbidez média, assoreamento não observado	Sem macrófitas			
			45	Rio Cubatão	34	7.358.275	23K 352.684	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 15m (larg.)	Ponte, captação superficial	Alterada na margem direita e preservada na margem esquerda	Indústrias	Lançamento de efluentes industriais	Coloração marrom escuro, turbidez alta	Sem macrófitas			
	São Bernardo do Campo	50 - 61	52	Córrego	41	7.359.719	23K 348.292	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Aprox. 0,5m (larg.) e 20cm (prof.)	Estrada em cima do córrego	Alterada. Presença de muitas gramíneas.	Estrada	Assoreamento das margens.	Águas transparentes	Sem comunidades aquáticas			
			60	Afluente do Rio Passareúva	50	7.357.187	23K 341.460	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 0,5m (larg.)	Estrada acima	Alterada.	Estrada	Não detectado	Água de coloração escura	Macrófitas flutuantes			

10.1.7.3.2. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 6 – Alto Tietê

Área de Influência Direta – AID

A AID compreende, na Ugrhi 6 – Alto Tietê, a passagem pelas bacias Billings-Tamanduateí, Cotia-Guarapiranga, Pinheiros-Pirapora e Juqueri-Cantareira.

BACIA DA BILLINGS-TAMANDUATEÍ

O sistema aquático da faixa de 2 km da AID da bacia da Billings-Tamanduateí inicia-se no município de São Bernardo do Campo à altura do km 61 e se encerra em São Paulo nas proximidades do km 86. Essa área tem como aspecto marcante o fato de a dutovia atravessar longos trechos contínuos de corpos d'água, representados pelos braços do reservatório Billings, inseridos em área de proteção aos mananciais. Transpõe também drenagem tributária direta desse reservatório destacando-se o córrego Zeulling (km 85 a 86).

Esse segmento da dutovia tem ainda como característica relevante o fato de seu traçado percorrer o trajeto da Interligação Anchieta-Imigrantes – SP--041, a rodovia dos Imigrantes – SP-160 e o trecho sul do Rodoanel Mario Covas – SP-021 recentemente inaugurado.

As águas da AID, no contexto da Bacia Billings/Tamanduateí, são destinadas principalmente ao abastecimento doméstico, à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas e, de acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, as águas desse trecho são enquadradas predominantemente na classe 1, a exceção do córrego Zeulling e do Rio Grande na classe 2.

As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados na RMSP sem o adequado tratamento. Com exceção do braço do rio Grande, a qualidade das águas desse sistema, no trecho considerado, é fortemente influenciada pelo processo de reversão das águas do canal de Pinheiros e do rio Tietê.

A qualidade da água na AID é avaliada pela Cetesb através do ponto BILL 02500, no reservatório Billings, próximo à Rodovia dos Imigrantes. No monitoramento de 2008, as águas foram consideradas eutróficas, com IQA médio anual Ótimo. Já a biota aquática da AID, como já mencionado na caracterização da AII, será apresentada no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Quanto às outorgas, destacam-se as captações privadas junto ao rio Cubatão de Cima entre os km 61 e 62. Em relação a lançamentos superficiais, oito travessias aéreas entre os km 74 e 78, quatro entre os km 81 e 83 e usos diversos do km 73 até o km 86. Não foram constatados lançamentos superficiais nem mesmo barramentos nessa bacia.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.2-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia da Billings-Tamanduateí.

QUADRO 10.1.7.3.2-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia da Billings - Tamanduateí – Ugrhi 6

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do Projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 – Alto Tietê / Bacia da Billings – Tamanduateí	São Bernado do Campo	61 a 70 (Folha 10, 11 e 12)	Tributários (braços Capivari e Pedra Branca) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
	São Barnardo do Campo/ São Paulo	70 a 80 (Folha 12, 13 e 14)	Reservatório Billings	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas)	Influência de efluentes domésticos. Monitoramento Cetesb Ponto BILL 02521- IQA Ótimo	Sistema lêntico (represamento de águas)
	São Paulo	80 a 86 (Folhas 14 e 15)	Braço Bororé/ Billings	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas).	Influência de esgoto doméstico - chácaras e industrial - marinas	Sistema lêntico (represamento de águas)
			Córrego Zeulling	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico
			Rio Curucutu/ represa Billings	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas).	Interferência de esgoto domésticos, lixo, e das águas revertidas do rio Pinheiros	Sistema lótico
			Ribeirão Varginha/ represa Billings		Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77			

BACIA DO RIO COTIA-GUARAPIRANGA

O percurso da dutovia na bacia do rio Cotia-Guarapiranga se projeta desde o km 86 até o km 117, atravessando os municípios de São Paulo, Itapecerica da Serra, Embu Guaçu, Embu e Cotia.

Esse trecho compreende o ribeirão Itaim (km 86 ao km 88), rio Caulim (km 89 ao 91), represa Guarapiranga (km 96 a0 97), ribeirão Taquaxiara ou Itaquaxiara (km 102 ao km 104), rio Embu-Mirim (km 104 ao km 114), córrego da Lagoa (km 105), rio da Olaria (km 107), córregos Valo Velho (km 108), da Tapera do Américo (km 110) e ribeirão da Tapera (km 110).

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, todos os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são classe 2, com exceção do ribeirão Caulim e represa de Guarapiranga, enquadrados na classe 1. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais.

Em todo o traçado da dutovia nessa bacia, localizado em área de proteção aos mananciais, observam-se ocupações desordenadas e chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas desse reservatório. Reforçando esta situação, nesse segmento, destaca-se a presença do trecho sul do Rodoanel, recentemente inaugurado. Contudo, quando as interceptações de drenagem do empreendimento integram-se em extensas manchas de remanescentes de vegetação, configura-se uma melhor qualidade da água do manancial.

O monitoramento da qualidade da água conduzido pela Cetesb na faixa de 2 km da AID da bacia do rio Cotia – Guarapiranga é realizado através do ponto GUAR 00051, situado no reservatório Guarapiranga, na praia do bairro Crispim, em São Paulo. As variáveis analisadas nesse ponto, que compõem o Índice de Balneabilidade de Reservatórios, classificam como Regular a água do Guarapiranga (2008), o que indica uma piora em relação a classificação do ano de 2007.

Fora da faixa da AID, as águas do reservatório de Guarapiranga, a exemplo do braço do rio Parelheiros (GUAR 00100), apresentam condições satisfatórias, com IQA médio anual Bom. Nesta mesma bacia de contribuição, o rio Embu-Mirim requer maior nível de atenção relacionado às elevadas cargas de fósforo total transportadas por esse contribuinte à represa. Altos níveis de coliformes termotolerantes nos rios Embu-Mirim e no braço do Parelheiros foram detectados.

O Índice de Vida Aquática - IVA, Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF e o Índice da Comunidade Bentônica – ICB, como já mencionado na caracterização da AII, serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Quanto às outorgas, destacam-se as travessias aéreas e usos diversos ao longo de todo o segmento da dutovia na AID dessa bacia. Em relação às captações superficiais particulares, ressaltam-se as do km 88 no ribeirão Itaim, km 90 e 91 em tributários do ribeirão Caulim e no km 96, na represa Guarapiranga. Verificam-se seis outorgas para lançamento superficial nas proximidades do km 108. Não foram constatados barramentos neste trecho da dutovia.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.2-2**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Cotia-Guarapiranga.

QUADRO 10.1.7.3.2-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Ugrhi 6

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do Projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Cotia – Guarapiranga	São Paulo	86 a 90 (Folha 15)	Ribeirão Itaim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico
			Ribeirão Caulim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de cidade e chácaras).	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Sistema lótico
		90 a 100 (Folhas 15, 16 e 17)	Tributários da Represa de Guarapiranga	Pesca, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico e lêntico
	São Paulo/ Itapecirica da Serra/ Embu-Guaçu		Represa de Guarapiranga	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade Monitoramento Cetesb GUAR00051 – Balneabilidade - Regular	Sistema lótico e lêntico

QUADRO 10.1.7.3.2-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Ugrhi 6

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do Projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Cotia – Guarapiranga	Itapecirica da Serra	100 a 110 (Folhas 17, 18 e 19)	Ribeirão Itaquaxiara	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico
			Córrego da Lagoa	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico
	Itapecerica da Serra/Embu		Rio Embu-Mirim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade e chácaras)	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Sistema lótico
			Córrego Valo Velho	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e cidade).	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Sistema lótico
			Riberão Tapera do Américo	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácara).	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico
			Ribeirão Tapera	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácara).	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico
	Embu/Cotia	110 a 117 (Folhas 19 e 20)	Rio Embú-Mirim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade e chácaras).	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Sistema lótico

Bacia do Pinheiros-Pirapora

O percurso da dutovia nessa região se estende desde o km 117 até o km 140, cruzando os municípios de Cotia, Embu, Taboão da Serra, São Paulo, Cotia, Osasco, Carapicuíba, Barueri e Santana do Parnaíba. A AID desse segmento da dutovia compreende o ribeirão Carapicuíba,os córregos Itaim e Taquaralzinho, o ribeirão Carapicuíba e o córrego Fazenda Velha que integram a drenagem tributária da margem direita do rio Tietê. No km 132 haverá a transposição do rio Tietê e em sua margem esquerda destaca-se os córregos Três Irmãos e Itaim.

De acordo com o Decreto Estadual n° 10.755/77, a maior parte dos corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são classe 3, com exceção do ribeirão Carapicuíba, enquadrado na classe 4 e do córrego Manoel Goes Serrano classe 2. As águas dessa bacia são destinadas principalmente à recepção de efluentes domésticos e industriais.

Na faixa da AID do empreendimento, que representa a porção mais a jusante da Ugrhi 6, a bacia do Pinheiros-Pirapora atua como receptora final das ações desenvolvidas a montante, tanto sob os aspectos quantitativos como qualitativos.

A rede de amostragem na bacia Pinheiros-Pirapora adotada pela Cetesb (2009, op. citado), não compreende pontos de monitoramento na faixa da AID do Projeto Uniduto. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas nas imediações, cujo Índice de Qualidade da Água – IQA oscilou nas categorias Ruim e Péssimo durante o ano de 2008. No reservatório Edgard de Souza foi obtida a condição média anual Péssima para o IAP em 2007, decorrente de elevadas concentrações de materiais orgânicos, coliformes termotolerantes, sólidos totais e turbidez, além das baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Assim como para Qualidade da Água, não há pontos de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID. Contudo, os resultados da avaliação dos sedimentos indicam condições adversas para o estabelecimento da biota aquática, devido ao elevado nível de degradação e ao alto grau de trofia, além dos reduzidos níveis de oxigênio dissolvido das águas, que chegaram frequentemente à anoxia ao longo de todo o ano de 2008. Estes dados, como já mencionado na caracterização da AII, serão avaliados no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Quanto a outorgas, verifica-se a existência de usos diversos do km 117 ao 131, na drenagem tributária do rio Tie tê, no rio Tietê (km 132) e no córrego Três Irmãos. As travessias superficiais estão presentes a partir do km 124 até o km 132, no rio Tietê e na drenagem do córrego Três Irmãos. Destaca-se a ausência de barramentos e captações superficiais mas, no córrego Carapicuíba (km 129), no rio Tietê (km 132) e na drenagem tributária direta para o rio Tietê entre os km 132 e 133, constata-se a presença de lançamentos superficiais.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.2-3**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Pinheiros – Pirapora.

QUADRO 10.1.7.3.2-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Pinheiros – Pirapora – Ugrhi 6

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do Polidut Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Pinheiros – Pirapora	Cotia	117 a 130 (Folhas 20, 21 e 22)	Córrego Manoel Goes Serrano	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Cotia/ Osasco/ Embu/ Osasco/ Carapicuíba		Córrego/ Ribeirão Carapicuiba	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	São Paulo/ Osasco		Córrego Itaim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Carapicuíba/Osasco		Córrego Taquaralzinho	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego Fazenda Velha	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Carapicuíba/Barueri/ Osasco	130 a 140 (Folhas 22, 23 e 24)	Rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Barueri/ Osasco		Córrego Três Irmãos	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Santana do Parnaíba/ São Paulo		Córrego Itaim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico

Bacia do Juqueri - Cantareira

O traçado da dutovia na Bacia Juqueri-Cantareira seguirá por 27 km (km 140 ao km 167), passando por Osasco, São Paulo, Caieiras, Franco da Rocha e Cajamar, onde alcança os limites da Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí. Esse trecho da AID da dutovia compreende o córrego Manquinho, o rio Juqueri, principal curso dessa bacia, e tributários de sua margem direita, como os córregos Olhos d'Água, Felix e o ribeirão dos Cristais além do terminal RMSP (Caieiras).

Assim, de acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, predomina nesse trecho da AID o enquadramento classe 3 da drenagem. O rio Juqueri e seus afluentes são assim enquadrados desde a barragem da Sabesp em Franco da Rocha, até a barragem de Pirapora. As águas dessa bacia são destinadas à recepção de efluentes domésticos e industriais.

Na faixa da AID da dutovia, que representa a porção mais ao norte da Ugrhi 6, a bacia do Juqueri-Cantareira atua como contribuinte da bacia Pinheiros-Pirapora, refletindo nos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos desta última.

A rede de amostragem na bacia Juqueri - Cantareira adotada pela Cetesb (2009, op. citado) compreende na faixa da AID da dutovia o ponto CRIS 03400. Em 2008, este ponto apresentou-se com média anual Boa para IAP e IQA. A média anual do IET enquadrou o manancial como ultraoligotrófico, obtendo-se elevados valores de coliformes termotolerantes e toxidade crônica. O IVA será avaliado, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Quanto a outorgas na AID dessa bacia, destacam-se as frequentes travessias aéreas e usos diversos entre os km 140 e 151 e entre os km 157 e 158. Em relação às captações privadas superficiais, são verificadas três outorgas no rio Juqueri (km 150 a 151) e duas na altura do km 160. No ponto CRIS 03400 (monitoramento Cetesb), no km 160, constata-se captação para abastecimento público.

Quanto a lançamentos superficiais, destaca-se um ponto no rio Juqueri (km 150) e outro no km 160 junto ao ponto de monitoramento Cetesb acima mencionado. Não se verificou a existência de barramentos neste trecho da dutovia.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.2-4**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Juqueri-Cantareira.

QUADRO 10.1.7.3.2-4: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Juqueri-Cantareira – Ugrhi 6

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem do Projeto Uniduto (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Juqueri-Cantareira	São Paulo	140 a 150 (Folhas 24 e 25)	Córrego Manquinho	Recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Afluentes da margem esquerda do Rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	São Paulo/ Caieiras		Rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Caieiras	150 a 160 (Folha 25, 26 e 27)	Afluentes da margem direita do Rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego Olhos d'Água	Recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Franco da Rocha/ Cajamar	160 a 167 (Folha 27 e 28)	Córrego do Félix	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Ribeirão dos Cristais	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras e industriais)	Influência de esgoto doméstico - chácaras e industrial, lixo da rodovia Monitoramento Cetesb CRIS 03400 – IQA - Bom	Sistema lótico
			Ribeirão Tabuões	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras e industriais)	Influência de esgoto doméstico - chácaras e industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

BACIA DA BILLINGS-TAMANDUATEÍ

O percurso da dutovia nessa bacia se estende desde o km 61 até o km 86, cruzando apenas os municípios de São Bernardo do Campo e de São Paulo.

Entre os km 61 e 71 o empreendimento interceptará drenagem contribuinte do reservatório Billings integralizando sete pontos de interceptações ao longo de um trajeto que acompanha o traçado da Interligação Anchieta-Imigrantes – SP-160. Entre os km 71 e 73 haverá a primeira transposição do principal corpo lêntico dessa bacia, o reservatório Billings. A seguir, o mesmo reservatório será transposto entre os km 77 e 79 e entre os km 80 e 82 quando passa a interceptar drenagem direta ao reservatório até o km 84. No trecho final dessa bacia haverá a interceptação da drenagem do córrego Zeulling (km 85 a 86).

No total, estão previstas 31 interceptações de drenagens na Bacia da Billings-Tamanduateí. Conforme **Quadro 10.1.7.3.2-5**, foram inspecionados em campo 11 cursos d'água, em abril de 2009 e maio de 2010, situados nas proximidades dos traçados da Interligação Anchieta-Imigrantes (SP 160) e do Rodoanel. Além dos braços da Billings, considerados de maior porte, serão interceptados pequenos cursos d'água afluentes desta represa.

Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,5 m, com máximo de 2 km, aproximadamente, na represa Billings, principal corpo lêntico dessa bacia. A ocupação no entorno dessas drenagens é predominantemente rural, ocorrendo inúmeras chácaras de lazer, pesqueiros e habitações irregulares desprovidas de sistema de saneamento básico.

Destaca-se na ADA a presença de usos diversos nos pontos de interceptação 66 (km 79), 70 (km 81), 80 e 84 (km 85). Não são verificadas outorgas de captações, lançamentos superficiais e barramentos nesse trecho do empreendimento.

No **Quadro 10.1.7.3.2-5**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.2-5 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia da Billings-Tamanduateí

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia da Billings-Tamanduateí	São Bernardo do Campo	61 - 70	63	Córrego antes da Billings	56	7.359.803	23K 340.154	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Aprox. 0,5m (larg.). Localizado no meio da mata	Estrada acima	Mata preservada e bem fechada.	Estrada	Não detectado	Águas transparentes.	Sem comunidades aquáticas			
			69	Tributário da Represa Billings	59	7.365.576	23K 338.464	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 0,5m (larg.)	Ponte	Mata ciliar ausente, com muitas gramíneas nas margens.	Casas/pastagem de gados.	Assoreamento do solo/presença de lixos domésticos.	Água apresentando coloração marron.	Sem macrófitas.			
	São Paulo	70 - 80	72	Represa Billings	61	7.368.391	23K 337.329	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 2km (larg.)	Estrada (Rodoanel)	Mata ciliar alterada em alguns trechos. Margem de concreto em outros pontos.	Estrada	Não detectado	Água apresentando coloração esverdeada, indicando ambiente eutrofizado	Sem comunidades aquáticas			
			75	Tributário da Represa Billings	63	7.370.359	23K 336.599	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 500m (larg.)	Estrada	Presente na margem direita, sem margem na mata esquerda.	Estrada. Casa e pastagem de gados ao redor.	Assoreamento na margem esquerda.	Água apresentando coloração esverdeada, indicando ambiente eutrofizado	Sem comunidades aquáticas			
			77	Rio Grande/Represa Billings	64	7.368.976	23K 334.594	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Represa com aprox. 1750m (larg.)	Obras de construção de ponte	Alterada	Chácaras	Esgoto doméstico	Água esverdeada, turbidez média, assoreamento incipiente	Macrófitas nas margens			
	São Paulo	80 - 86	80	Afluente da margem direita do riberão Varginha/Represa Billings	67A	7.368.260	23K 333.374	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Represa com aprox. 650m (larg.) e 10m (prof.)	Obras de construção de ponte	Alterada	Chácaras	Esgoto doméstico	Água esverdeada, turbiodez média, assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
			82	Afluente da margem esquerda do ribeirão Varginha/Represa Billings	73	7.366.727	23K 330.007	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Represa com aprox. 80m (larg.)	Obras de construção de ponte	Alterada	Chácaras	Esgoto doméstico	Água esverdeada, assoreamento elevado	Grande quantidade de macrófitas nas margens			
			82	Afluente da margem esquerda do ribeirão Varginha/Represa Billings	73A	7.366.630	23K 329.942	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Braço da represa com aprox. 80m (larg.)	Obras de construção de ponte	Alterada	Chácaras	Esgoto doméstico	Água esverdeada, assoreamento elevado	Grande quantidade de macrófitas nas margens			
			83	Afluente da margem esquerda do ribeirão Varginha/Represa Billings	77	7.366.501	23K 329.763	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Aprox. 300m (larg.)	Não observado	Alterada	Não observado	Assoreamento das margens.	Águas apresentando coloração marron.	Macrófitas flutuantes.			
			83	Afluente da margem direita do córrego Zeulling	77A	7.366.119	23K 327.900	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Córrego com aprox. 1m (larg.)	Retificação de córrego e obras	Inexistente na área de obras e preservada a montante e jusante	Mata e campo	Não observado	Água barrenta, turbidez média, assoreamento elevado	Sem macrófitas	–	–	–
			85	Córrego Zeulling	80-81	7.366.122	23K 327.866	02/04/2010	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Córrego com aprox. 0,5 a 2m (larg.)	Obras	Inexistente na área de obras e preservada a montante e jusante	Pesqueiro e chácaras a jusante, e a montante ocupações irregulares	Esgoto doméstico e nutrientes do pesqueiro	Águas marrom-esverdeada, turbidez média, com assoreamento elevado	Sem macrófitas			

BACIA DO RIO COTIA – GUARAPIRANGA

O traçado da dutovia nesso trecho da ADA percorrerá cerca de 31 km, do km 86 até o km 117, atravessando os municípios de São Paulo, Itapecerica da Serra e Embu.

Destaca-se, entre os km 86 e 88 da dutovia, interceptações no ribeirão Itaim enquanto entre os km 89 e 91 encontram-se sete interceptações no ribeirão Caulim. Diversos afluentes da margem direita da represa Guarapiranga são interceptados entre os km 91 e 96. A travessia pela represa Guarapiranga, principal corpo lêntico dessa bacia, ocorre entre os km 96 e 97, no município de São Paulo. A seguir, o traçado do empreendimento cruzará o ribeirão Taquaxiara ou Itaquaxiara entre os km 101 e 104 em Itapecerica da Serra.

A partir do km 104, o empreendimento irá transpor o rio Embu-Mirim (km 113), importante drenagem da região e seguirá por esta bacia até o km 117, interceptando vários de seus afluentes, como o córrego da Lagoa (km 105, interceptação 133), rio da Olaria (km 106, interceptação 134), córrego do Valo Velho (km 108, interceptação 136) e o córrego da Tapera do Américo (km 110, interceptação 140).

No total, estão previstas 64 travessias de drenagens na bacia do rio Cotia-Guarapiranga. Conforme **Quadro 10.1.7.3.2-6**, foram inspecionados em campo 12 cursos d'água, em abril e julho de 2009 e maio de 2010, situados na faixa de domínio do Rodoanel.

Predominam nesse segmento drenagens entre 0,5 e 15 m de largura com um máximo de 400 m na represa de Guarapiranga que apresenta regime lêntico. Essas drenagens apresentam obras de arte, predominantemente pontes, em função das obras do Rodoanel. Estas intervenções fazem com que a mata ciliar esteja na maior parte dos pontos vistoriados alterada ou praticamente inexistente.

A ocupação no entorno dessas drenagens é predominantemente rural, ocorrendo inúmeras chácaras de lazer, além de pesqueiros e habitações irregulares. Especificamente no km 96, onde está prevista a travessia da dutovia na represa Guarapiranga, foi observada grande quantidade de macrófitas nas margens, decorrente provavelmente do acúmulo de nutrientes nessa área.

Em relação a outorgas, verifica-se a presença de usos diversos e travessias superficiais entre os km 86 e 115. Na drenagem do rio Embu-Mirim predominam as travessias superficiais. Não há captações e lançamentos superficiais nem mesmo barramentos na ADA dessa bacia.

No **Quadro 10.1.7.3.2-6**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais nesse trecho da ADA.

Quadro 10.1.7.3.2-6 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia do Cotia - Guarapiranga

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia do Cotia-Guarapiranga	São Paulo	86 - 90	87	Ribeirão Itaim	93	7.366.370	23K 326.344	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Ribeirão com aprox. 1m (larg.)	Obras de construção de ponte	Inexistente	Ocupações irregulares	Esgoto doméstico	Água esbraquiçada, assoreamento incipiente	Com grande quantidade de macrófitas nas margens			
			89	Rio Caulim	98	7.366.440	23K 323.406	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Rio com aprox. 2 a 6m (larg.)	Obras	Alterada	Área urbana	Esgoto doméstico	Água esbraquiçada, assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
	São Paulo	90 - 100	90	Afluente da margem esquerda do rio Caulim	105	7.366.698	23K 322.771	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Córrego com aprox. 1 a 5m (larg.)	Retificação de córrego e obras	Alterada	Área urbana e agricultura	Esgoto doméstico e fonte difusa	Turbidez elevada, assoreamento elevado	Sem macrófitas			
			92	Afluente da margem direita do rio Embú-Guaçu	110	7.367.564	23K 320.950	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Afluente com aprox. 2 a 6m (larg.)	Obras	Alterada	Chácaras	Fonte difusa	Águas cristalinas, assoreamento elevado	Sem macrófitas			
			93	Afluente da margem direita do rio Embú-Guaçu	112	7.368.886	23K 320.288	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Afluente com aprox. 1m (larg.)	Obras	Alterada	Agricultura / Mata	Fonte difusa	Águas barrentas, assoreamento elevado	Sem macrófitas			
			95	Afluente da margem direita do rio Embú-Guaçu	115	7.369.683	23K 320.144	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Afluente com aprox. 0,5m (larg.)	Retificação de córrego e obras	Preservada a montante e alterada a jusante	Mata	Não observado	Águas cristalinas, assoreamento elevado	Sem macrófitas			
			96	Afluente da margem esquerda do rio Embú-Guaçu / Represa Guarapiranga	118	7.370.754	23K 319.499	02/04/2009	Nublado. Com chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Braço da represa com aprox. 400m (larg.) e 6m (prof.)	Obras e ponte	Alterada	Residências e chácaras	Não observado	Turbidez média, assoreamento incipiente	Grande quantidade de macrófitas nas margens			
	Itapecerica da Serra	100 - 110	102	Ribeirão Taquaciara	123	7.374.423	23K 315.549	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 15m (larg.) e a margem esquerda seca.	Não observado	Ausente. Presença de gramíneas na margem.	Não observado	Não observado	Águas transparentes.	Sem macrófitas.			
			105	Córrego da Lagoa	133	7.376.704	23K 315.068	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico, porém apresentando fraca correnteza. Aprox. 200m (larg.)	Estrada	Alterada na margem esquerda, ausente na margem direita.	Estrada	Não observado	Coloração esverdeada da água.	Sem comunidades aquáticas.			
			106	Rio da Olaria	134	7.377.652	23K 314.327	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lêntico. Aprox. 3m (larg.) e 20cm (prof.)	Rodoanel	Ausente. Presença de gramíneas.	Estrada	Assoreamento do córrego	Águas transparentes.	Sem comunidades aquáticas.			
	Embú	100 - 117	110	Córrego da Tapera do Américo	140	7.381.009	23K 313.160	07/05/2010	Ensolarado. Sem chuvas nas últimas 24 hs.	Ambiente lótico. Aprox. 0,5 m (larg.)	Estrada	Ausente. Presença de gramíneas.	Contenção de pedras na margem.	Não detectado	Águas transparentes.	Sem comunidades aquáticas			
			114	Rio Embú-Mirim	145	7.384.361	23K 312.993	31/07/2009	Chuva	Ambiente lótico. Rio com aprox. 7m (larg.)	Ponte	Alterada	Cidade, rodovia	Lixo	Turbidez elevada, assoreamento incipiente	Não observado			

BACIA DO PINHEIROS – PIRAPORA

O traçado da dutovia nesse trecho da ADA seguirá por 23 km (do km 117 ao km 140), passando por Embu, Cotia, Osasco, Carapicuíba, Barueri e Santana do Parnaíba, no entorno do ponto de interceptação do Rodoanel Mário Covas na rodovia dos Bandeirantes.

Entre os km 117 e 131 da dutovia, serão interceptados o ribeirão Carapicuíba e seus afluentes das margens direita e esquerda. Posteriormente, entre o km 131 e 132, o rio Tietê, principal curso d'água da ADA nesse trecho, será transposto pelo empreendimento, e entre os km 132 e 136, o córrego Três Irmãos e afluentes (interceptações 172 e 173). A partir do km 136, o traçado da dutovia atravessará drenagens da região do Jaraguá finalizando no km 140.

No total, estão previstas 26 interceptações de drenagens na bacia do Pinheiros-Pirapora. Conforme **Quadro 10.1.7.3.2-7**, foram inspecionados em campo nove cursos d'água, em julho de 2009, período de seca.

Trata-se de trecho onde a drenagem sofreu diversas intervenções relacionadas à implantação do Rodoanel Mário Covas, sendo comuns as retificações. Nesta bacia destacam-se os rios Tietê, com 50 m de largura e ribeirão Carapicuíba com 100 m de largura. As demais drenagens são de pequeno porte com larguras variável entre 0,5 a 7 m. É comum a presença de obras de arte nas drenagens inpecionadas, especialmente galerias e pontes.

A ocupação do entorno é predominantemente urbana com cidades, ocupações subnormais, indústrias. Esse padrão de ocupação, associado ao trajeto do empreendimento marginal ao Rodoanel, faz com que os corpos d'água inteceptados pela dutovia apresentem-se geralmente com mata ciliar alterada a inexistente, refletindo no moderado a elevado grau de turbidez, a exceção do córrego Três Irmãos com turbidez baixa. Como fontes de poluição foram constatados pontos de lançamento de esgotos domésticos e lixo lançado nas margens dos rios.

As condições acima expostas colaboram para a manutenção de baixos padrões de qualidade da água como foi apontado no Índice de Qualidade da Água - IQA da AID que, de acordo com a Cetesb (op. Citado), oscilou entre Ruim e Péssimo durante o ano de 2008.

Em relação a outorgas, verifica-se a presença de usos diversos à altura do km 125 (ponto de interceptação 163) e no km 132, onde se constatam também duas travessias aéreas. Não se verificou a existência de captações ou lançamentos superficiais nem mesmo barramentos nesse trecho da dutovia.

No **Quadro 10.1.7.3.2-7**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.2-7 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia do Pinheiros-Pirapora

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGHRI 6 - Alto Tietê - Bacia do Pinheiros-Pirapora	Osasco	117 - 130	123	Afluente do Ribeirão Carapicuíba	160	7.392.047	23K 315.052	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 1m (larg.)	Galeria	Alterada	Ocupação irregular (subnormal)	Esgoto e lixo	Elevada turbidez e assoreamento elevado	Sem macrófitas			
	Carapicuíba		124	Afluente do Ribeirão Carapicuíba	161	7.392.956	23K 314.240	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 7m (larg.)	Ponte e Galeria	Inexistente	Cidade	Esgoto e lixo	Elevada turbidez e assoreamento elevado	Sem macrófitas			
	Osasco/Carapicuíba		127	Ribeirão Carapicuíba	166A	7.394.278	23K 314.213	31/07/2009	Bom	Entroncamento do Rodoanel com rodovia, drenagem provavelmente canalizada	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado		–	–
	Osasco	130-140	130	Ribeirão Carapicuíba	169	7.398.204	23K 314.614	31/07/2009	Bom	Alça de saída do Rodoanel	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	–	–	–
			130	Ribeirão Carapicuíba	169A	7.398.322	23K 314.565	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com 100m (larg.)	Não observado	Alterada	Cidade	Lixo	Média turbidez e assoreamento não observado	Sem macrófitas			
	Barueri		131	Rio Tietê	171	7.398.452	23K 314.421	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 50m (larg.)	Ponte	Alterada	Cidade / Rodovia / Indústria	Difusa, esgoto e lixo	Média turbidez e assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
			132	Córrego Três Irmãos	172	7.399.080	23K 314.018	31/07/2009	Bom	Drenagem provavelmente canalizada, na junção Rodoanel com rodovia	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado			
			132	Córrego Três Irmãos	172A	7.399.156	23K 314.018	31/07/2009	Bom	Drenagem provavelmente canalizada, na junção Rodoanel com rodovia	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado			–
			133	Córrego Três Irmãos	173	7.400.384	23K 314.537	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com 0,5m (larg.)	Retificado	Inexistente	Rodovia	Difusa, esgoto e lixo	Turbidez baixa e assoreamento incipiente	Sem macrófitas			–

BACIA DO JUQUERI - CANTAREIRA

O traçado da dutovia nesse trecho da ADA seguirá por 27 km (do km 140 ao km 167), passando por São Paulo, Caieiras, Franco da Rocha e Cajamar, onde alcança a Ugrhi 5.

Entre os km 140 e 149, a dutovia interceptará em vinte e dois pontos a drenagem do córrego Manquinho, tributário da margem esquerda do rio Juqueri. Posteriormente, nos pontos de número 200 e 201, entre os km 149 e 151, o empreendimento alcançará a drenagem do rio Juqueri, principal curso d'água dessa bacia. Ressalta-se nessa bacia a presença do terminal RMSP (Caieiras).

Destaca-se a seguir as interceptações nos córregos Olhos d'Água (km 157 a 160), do Félix (km 160) e tributários do ribeirão dos Cristais entre os km 161 e 166, em especial o ribeirão Tabuões, todos contribuintes da margem direita do rio Juqueri, totalizando no conjunto, 54 interceptações até atingir a bacia do rio Jundiaí (Ugrhi 5) no km 167. Conforme **Quadro 10.1.7.3.2-8**, foram inspecionados em campo 17 cursos d'água, em julho de 2009 e janeiro e maio de 2010.

Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,5 m com máximo de 10 m, aproximadamente no ribeirão dos Cristais. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados possui obras de arte, com predomínio de pontes. Não foi constatada a existência de corpos lênticos a serem interceptados. A ocupação do entorno das drenagens varia entre o urbano e o rural com destaque para a o Aterro Sanitário Bandeirantes, próximo ao km 140, o bairro de Perus em São Paulo e o sítio urbano de Cajamar, além dos cultivos de eucalipto e da presença da Rodovia dos Bandeirantes, SP-348.

Esse padrão de ocupação reflete no grau de preservação da vegetação ao longo dos cursos d'água onde a mata ciliar encontra-se geralmente alterada. Constatou-se nas drenagens vistoriadas o lançamento de esgotos doméstico e industrial além da presença de lixo. No afluente do córrego Olhos d'Água, por exemplo, a água apresenta-se em tons esverdeados. Esta situação colabora para a manutenção dos padrões de qualidade apontados para a AID, em 2008, classificada em média, como Ruim, de acordo com a Cetesb (op. citado).

Na altura do km 159, nesta bacia, encontra-se o terminal RMSP (Caieiras), localizado num vale fluvial com rede hídrica de 3ª ordem integrando, juntamente com os córregos Olhos d´Água e do Felix, a drenagem do ribeirão dos Cristais. A existência de ponto de monitoramento Cetesb CRIS 03400 no córrego Felix, a jusante do terminal, permitiu a avaliação da qualidade das águas por meio de dados secundários.

Considera-se então, para o referido terminal, águas de qualidade satisfatória (média anual Boa para IAP e IQA no ponto CRIS 03400 enquanto, para IET, a média anual permite enquadramento como ultraoligotrófico porém com valores elevados de coliformes termotolerantes e toxidade crônica). Em relação a outorgas, destacam-se duas travessias aéreas entre o km 140 e 141, duas travessias aéreas frontais ao Aterro Bandeirantes nas proximidades do km 146, duas no rio Juqueri junto às interceptações 200 e 201 (km 149 a 151). Um ponto de uso diverso é constatado nas proximidades do km 149, interceptação 199. Não são verificados captações, lançamentos superficiais nem barramentos nesse trecho da ADA.

No **Quadro 10.1.7.3.2-8**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.2-8 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia do Juqueri-Cantareira

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/ Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 6 - Alto Tietê - Bacia do Juqueri-Cantareira	São Paulo	140-150	140	Afluente do Córrego Manquinho	177	7.405.030	23K 317.547	11/05/2010	Ensolarado	Drenagem seca	Estrada	Inexistente	Rodovias	Não observado	Não observado	Não observado			
			143	Drenagem do Jaraguá	184	7.407.031	23K 319.597	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 0,5m (larg.)	Ponte	Alterada	Não observado	Lixo	Águas cristalinas e assoreamento não observado	Pequena quantidade de macrófitas			
			143	Drenagem do Jaraguá	185	7.407.225	23K 319.882	31/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 0,5m (larg.)	Ponte	Alterada	Não observado	Lixo	Águas cristalinas e assoreamento não observado	Pequena quantidade de macrófitas			
			145	Córr. Manquinho	190-191	7.408.129/ 7.408.223	23K 320.142/ 320.137	30/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rios com aprox. 0,5m (larg.)	Tubulação	Inexistente	Povoado	Lixo	Águas crstalinas e assoreamento não observado	Sem macrófitas			
	São Paulo	140 a150	149	Rio Juqueri	200	7.411.395	23K 319.277	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 8,0m(larg.) / 0,6m(prof.)	Não há	Mata ciliar alterada	Rodovia SP-348 / Mata Nativa / eucalipto / Edificações a montante	Rodovia SP-348 / Provável lançamento de esgoto doméstico	Turbidez elevada / Assoreamento muito elevado	Poáceas e Ricinus (Mamona)		–	–
	Caieiras	150 - 160	150	Rio Juqueri	201	7.412.420	23K 319234	30/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 8m (larg.)	Ponte	Alterada	Rua	Lixo	Elevada turbidez, assoreamento incipiente	Sem macrófitas			
			153	Afluente do Rio Juqueri	203	7.414.329	23K 318.119	30/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 1m (larg.)	Sem obras de arte	Alterada	Plantação de eucalipto (reflorestamento)	Não observado	Turbidez e assoreamento não observados	Sem macrófitas			
			153	Afluente do Córrego SN	204	7.415.329	23K 317.588	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 1,0m(larg.) / 0,3m(prof.)	Não há	Mata ciliar alterada	Rodovia SP-348 / Eucalipto / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - *Panicum, Penisetum, Andropogon, Brachiaria e Bancos de Ricinus, Hedychium e Typha*			
			156	Afluente da margem direita do Rio Juqueri	205	7.416.597	23K 315.051	30/07/2009	Bom	Ambiente lótico. Rio com aprox. 1m (larg.)	Ponte	Alterada	Povoado	Não observado	Turbidez e assoreamento não observados	Sem macrófitas			
			157	Afluente do Córrego SN	207	7.416.524	23K 315.143	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Área de represamento do córrego: 10m x 10 m	Não há	Mata ciliar alterada em estágio inicial e Eucalipto	Rodovia SP-348 / Mata Nativa / Eucalipto	Rodovia SP-348 / Eucalipto	Turbidez elevada / Assoreamento elevado - Represa com águas verdes em função da presença da alga *Chlorella sp*	Poáceas			
			157	Afluente do Córrego SN	208	7.416.729	23K 314.750	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,5m(prof.)	Não há	Inexistente	Rodovia SP-348 / Pasto / Edificações	Rodovia SP-348	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas e Ricinus (Mamona)			

10.1.7.3.3 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Área de Influência Direta – AID

A AID compreende, na Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí, a passagem pelas bacias dos rios Jundiaí, Capivari e Piracicaba.

BACIA DO RIO JUNDIAÍ

O sistema aquático da faixa de 2 km da AID na bacia do Jundiaí inicia-se no 167, no município de Cajamar, passando predominantemente porJundiaí até o km 193 na divisa com Louveira, Itupeva e Vinhedo. Esse trecho compreende principalmente os tributários da margem esquerda do rio Jundiaí, o rio Jundiaí e secundariamente os tributários da margem direita do rio Jundiaí.

O aspecto marcante da dutovia na bacia do rio Jundiaí é o fato de o eixo do empreendimento continuar acompanhando o traçado da Rodovia dos Bandeirantes (SP – 348) em áreas nitidamente industriais e marcadas pela prática agrícola, além da presença de chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa bacia.

Destaca-se ainda na AID, como tributários da margem esquerda do rio Jundiaí: córrego Terra Nova, rio das Pedras, córregos Japi-Guaçu e da Valquíria enquanto na margem direita destaca-se o córrego Chapadão. São corpos água que fluem para o sítio urbano de Jundiaí onde deságuam no rio principal da bacia, predominantemente fora dos limites da AID. No município de Jundiaí, a drenagem da AID insere-se na APA Jundiaí que se prolonga até Itupeva.

De acordo com o Decreto Estadual n° 10.755/77, as águas desse trecho são enquadradas preferencialmente na classe 1, exceto o curso do córrego Valquíria enquadrado na classe 2.

As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento, à exceção do município de Jundiaí. Deve-se considerar também a presença das indústrias ao longo do eixo do traçado do empreendimento colaborando para a depreciação da qualidade das águas.

A rede de amostragem na bacia do Jundiaí adotada pela Cetesb (2009, op. citado), não compreende pontos de monitoramento na faixa da AID da dutovia. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas à montante do empreendimento (JUNA 02020), cujo Índice de Qualidade da Água – IQA oscilou nas categorias Regular e Ruim durante o ano de 2008. O ponto JUNA 02020 apresentou qualidade Ruim em outubro e dezembro causada, especialmente, pelas elevadas concentrações de fósforo total. Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes e $DBO_{5,\ 20}$ também foram verificadas em todos os meses do ano.

O rio Jundiaí (JUNA 02020) foi incluído na categoria de supereutrófico, chegando a eutrófico em fevereiro de 2008. Os valores de coliformes termotolerantes variaram de 22.000 a 330.000 UFC/100 mL, valores superiores ao limite estabelecido na Resolução Conama 357/05 para a Classe 2, assim como os valores de sufactantes. A elevada carga desta bacia deve-se ao aporte de esgoto doméstico *in natura*.

Nesta bacia, não há pontos de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID nem resultados de avaliação dos sedimentos. Entretanto, infere-se a existência de condições adversas para o estabelecimento da biota aquática, devido ao elevado nível de degradação e ao alto grau de trofia, além dos reduzidos níveis de oxigênio dissolvido das águas dessa bacia, ao longo de todo o ano de 2008. Estes dados serão avaliados, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico, em especial, no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Na bacia do rio Jundiaí, das outorgas relacionadas às captações superficiais particulares, destacam-se: três nas proximidades da SP-330 (km 171 a 172), uma na cidade de Jundiaí entre o km 178 e km 179, uma no tributário do córrego Valquíria (entre o km 179 e km 180) e duas outras junto a corpo lêntico na altura do km 181.

Destacam-se ainda pontos de lançamento superficiais sendo dois nas proximiodadades da SP-348 (km 181), quatro junto ao ribeirão Santo Antônio (km 193), além de um barramento superficial no tributário do córrego Terra Nova. Contatou-se também travessias no ponto de interceptação 237 (km 168), no km 180 e entre os km183 e 186. Usos diversos estão presentes entre os km 183 e 186, nas imediações do sítio urbano de Jundiaí.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.3-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Rio Jundiaí.

QUADRO 10.1.7.3.3-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Jundiaí – Ugrhi 5

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia(km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Jundiaí	Jundiaí	167 a 180 (Folhas 28, 29 e 30)	Afluentes da margem esquerda do rio Jundiaí	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de esgoto industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego Terra Nova	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Rio das Pedras	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos lixo da rodovia,	Sistema lótico
			Córrego Japi-Guaçu	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego Valquíria	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
		180 a 193 (Folhas 30, 31 e 32)	Rio Jundiaí	Pesca, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego Chapadão	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia.	Sistema lótico
			Rio Jundiaí	Pesca, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Afluentes da margem direita do rio Jundiaí	Recepção de efluentes industriais - rodovia	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de esgoto industrial, lixo da rodovia	Sistema lótico

BACIA DO RIO CAPIVARI

O percurso da dutovia na bacia do rio Capivari se projeta desde o km 193 até o km 228, atravessando os municípios de Louveira, Jundiaí, Vinhedo, Itupeva, Valinhos, Campinas e Hortolândia.

Esse trecho compreende o ribeirão do Moinho ou do Tico, drenagens da margem esquerda e direita do rio Capivari e o próprio rio Capivari (km 216). Dentre os tributários do rio Capivari destacam-se: ribeirão do Moinho ou do Tico (km 198 a 201), rio da Prata (km 202), córrego da Fazenda São Pedro (km 206 a 208), córrego do Piçarrão ou do Castelo (km 223 a 224).

Este trecho da dutovia tem como aspecto marcante o fato de o eixo do empreendimento continuar acompanhando o traçado da rodovia dos Bandeirantes (SP – 348) em áreas nitidamente marcadas pela prática agrícola (km 193 ao km 210), além da presença de chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa bacia. Nas proximidades do km 210 o empreendimento transpõe o sítio urbano de Campinas até o km 222 e logo a seguir o sítio urbano de Hortolândia. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento.

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, os corpos d'água inseridos nesse trecho da AID são da classe 2, a exceção do córrego Piçarrão classificado na classe 4. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais.

A rede de amostragem na bacia do Capivari adotada pela Cetesb (2009, op. citado) prevê para a AID o ponto de monitoramento CPIV 02130 - captação de Campinas, junto à ETA Capivari na rodovia dos Bandeirantes, cujo Índice de Qualidade da Água – IQA apresentou resultado médio Regular durante o ano de 2008. Em relação ao IAP este apresentou para o mesmo ano resultado Ruim. O comprometimento da qualidade das águas deveu-se principalmente às elevadas concentrações de coliformes termotolerantes. Em fevereiro e dezembro, o potencial de formação de trihalometanos também foi elevado e as concentrações de chumbo, cádmio e níquel ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação.

Nesse mesmo ponto, o índice de estado trófico foi calculado com as concentrações de fósforo total e clorofila a, indicando média anual eutrófica, com variações de ultraoligotrófica a supereutrófica. Os valores de coliformes termotolerantes estiveram acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para a Classe 2 na maioria dos meses do ano de 2008. Conclui-se que parte da carga de fósforo afluente ao rio é por aporte de esgoto doméstico.

Nesta bacia, não há pontos de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID nem resultados de avaliação dos sedimentos. O ponto de monitoramento Cetesb mais próximo da AID dessa bacia é o CAPIV 02160. Infere-se a existência de condições adversas para o estabelecimento da biota aquática, devido ao elevado nível de degradação e ao alto grau de trofia, além dos reduzidos níveis de oxigênio dissolvido das águas dessa bacia, ao longo de todo o ano de 2008. Estas considerações serão avaliadas, como já mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico, em especial, no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Na bacia do rio Capivari, as outorgas estão relacionadas a captações superficiais das quais destaca-se o ponto CPIV 02130, rio Capivari, destinado ao abastecimento de Campinas, e duas no município de Vinhedo na altura do km 201. Estão presentes também captações particulares, uma entre os km 196 e 197, uma na altura do km 206, três no rio Capivari (km 210) e duas no km 227.

Foram constatadas também outorgas para usos diversos no ribeirão do Moinho ou do Tico assim como no próprio rio Capivari no município de Valinhos e de maneira dispersa até o km 228. Nas imediações do km 206 constata-se a presença de dois barramentos e dois pontos de lançamento superficial, além de dois pontos de lançamento à altura do km 210 e um no córrego Chapadão ou do Castelo (km 223). As outorgas de travessias estão presentes na interceptação 291 (km 218) e na interceptação 296 (km 223).

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.3-2**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Capivari.

Quadro 10.1.7.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Capivari – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Capivari	Itupeva/ Louveira /Vinhedo	193 a 200 (Folhas 32, 33 e 34)	Ribeirão do Moinho ou do Tico	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
	Itupeva/ Vinhedo	200 a 210 (Folhas 34 e 35)	Ribeirão do Moinho ou do Tico	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Itupeva		Rio da Prata	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Itupeva/ Vinhedo/ Valinhos/ Campinas		Rio Capivari	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico chácaras, lixo da rodovia Monitoramento Cetesb Ponto CPIV02130 –IQA - Regular	Sistema lótico
	Valinhos/ Campinas		Córrego da Fazenda São Pedro	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras e zona urbana	Sistema lótico
	Campinas	210 a 220 (Folhas 35, 36 e 37)	Afluentes da margem esquerda do Rio Capivari	Recepção de efluentes domésticos- rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácara e zona urbana, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Rio Capivari	Recepção de efluentes domésticos-zona urbana	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico chácaras e zona urbana, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Campinas	220 a 228 (Folhas 37 e 38)	Córrego do Piçarrão ou do Castelo	Recepção de efluentes domésticos – zona urbana	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácara e zona urbana, lixo da rodovia	Sistema lótico

Bacia do Rio Piracicaba

O percurso da dutovia na bacia do rio Piracicaba projeta-se inicialmente, desde o km 228 até o km 266,5, atravessando os municípios Hortolândia, Campinas, Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste onde se localiza o terminal de mesmo nome. A partir desse terminal, projetam-se os seguintes trechos: Serrana-Santa Bárbara, Santa Bárbara-Anhembi e Santa Bárbara–Paulínia.

O trecho Serrana-Santa Bárbara (km 266,5 ao km 305) compreende os municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Iracemápolis, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Araras até alcançar os limites da Ugrhi 9 – Mogi-Guaçu. No trecho Santa Bárbara-Anhembi (km 537 ao km 574), o empreendimento transporá os municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Piracicaba, Rio das Pedras e Saltinho até atingir os limites da Ugrhi 10 – Sorocaba e Médio Tietê. No trecho Santa Bárbara–Paulínia (km 575 ao km 614), a dutovia interceptará os municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Cosmópolis e Paulínia.

No segmento inicial, compreendido entre os km 228 e 266,5, a drenagem caracteriza-se pela presença de tributários da margem esquerda do rio Piracicaba enquanto o trecho Serrana-Santa Bárbara é caracterizado pela presença do rio Piracicaba e sua drenagem tributária da margem direita. No trecho Santa Bárbara-Anhembi são encontradas drenagens tributárias da margem esquerda do rio Piracicaba e no trecho Santa Bárbara-Paulínia, constata-se a presença da drenagem do rio Jaguari que na confluência com o rio Atibaia passa a formar o rio Piracicaba.

No trecho inicial da bacia do Piracicaba, a dutovia contorna o sítio urbano de Hortolândia acompanhando desde o início o eixo do traçado da rodovia dos Bandeirantes (SP – 348), passando a transpor do km 234 em diante terrenos nitidamente marcados pela prática agrícola, além da presença de chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa bacia. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento e das cargas difusas relacionadas à agricultura.

Nos trechos Serrana-Santa Bárbara e Santa Bárbara-Anhembi, a dutovia projeta-se sobre terrenos particulares marcados pela prática agrícola. No trecho Serrana-Santa Bárbara, a dutovia acompanha paralelamente a rodovia dos Bandeirantes até o km 281. A seguir, dirige-se ao trajeto da SP-310 interceptando-a no km 297. Nestes dois ramais as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água relacionam-se à poluição difusa (agricultura) e de efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento.

O trecho Santa Bárbara–Paulínia projeta-se sobre terrenos marcados pela prática agrícola até o km 611 quando passará a interceptar a zona urbana e industrial de Paulínia. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID nesse trecho resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento e de efluentes agrícolas e industriais.

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são predominantemente da classe 2 a exeção dos rios Jaguari, córregos Canguçu, Jacutinga classificados como classe 1, córrego Candelário classe 3 e ribeirão Tatu, Classe 4. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais. Apenas o rio Jaguari é enquadrado na classe 3.

A rede de amostragem da bacia do Piracicaba adotada pela Cetesb (2009, op. citado), compreende o ponto na faixa da AID da dutovia denominado TOLE 03900, no ribeirão dos Toledos (km 263), mas este não foi monitorado em 2008. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas no PCAB 02800 – em frente à fonte sulfurosa, junto ao posto 4D-07 Daee em Artemis, município de Piracicaba, cujo Índice de Qualidade da Água – IQA apresentou média Regular durante o ano de 2008. Quanto ao trecho Serrana-Santa Bárbara os pontos GERT 02200 e o 2500 são os mais próximos da faixa da AID mas também não apresentam resultados de monitoramento em 2008.

Assim como para Qualidade da Água, não há resultados de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID nem resultados de avaliação dos sedimentos. Entretanto, infere-se a existência de condições adversas para o estabelecimento da biota aquática pois no ponto PCAB 02800, o IVA foi considerado Ruim. O IVA será avaliado, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

No trecho inicial da bacia do rio Piracicaba, as outorgas estão relacionadas a usos diversos, sendo sete concentradas entre os km 228 e 231 e, até o km 264, dispersas nas drenagens dos córregos Terra Nova, Taquara Branca, do Pau Pintado, da Fazenda Wiezel, do Gavião e no ribeirão dos Toledos. Travessias aéreas ocorrem no ponto de interceptação 311 (km 249) no córrego Fazenda Wiezel e no ponto de interceptação 323 (km 263), ribeirão dos Toledos.

Em especial, destaca-se a presença de captações superficiais particulares no córrego Taquara Branca (km 236) e no córrego Santa Bárbara (km 261), além de um ponto de captação para abastecimento público junto ao barramento do reservatório do Cilio na altura do km 253. Os lançamentos são constatados no córrego Taquara Branca (km 236) e dois em corpo lêntico na altura do km 251.

No trecho Serrana-Santa Bárbara, há outorga para travessia aérea no rio Piracicaba (km 267 a 268), um ponto para uso diverso no km 271 e, na drenagem do ribeirão da Água da Serra (km 284), um ponto para uso diverso, três travessias aéreas e sete pontos de captação superficial privados.

No trecho Santa Bárbara-Anhembi, usos diversos (três) são constatados em tributário do ribeirão dos Toledos, um na altura do km 551, um barramento na altura dos km 539 – 540. Destaca-se a presença de um ponto de captação superficial privado nas proximidades da foz do ribeirão dos Toledos com o rio Piracicaba (km 572).

No trecho Santa Bárbara–Paulínia, as outorgas intensificam-se. Constata-se um ponto de capatação superficial privado, quatro pontos de usos diversos e um de lançamento superficial no ribeirão do Bernardino (km 581). Verifica-se ainda em afluente do ribeirão Tatu, em Limeira, dois pontos de captação superficial privado (km 587 a 588). Junto à drenagem do córrego da Corredeira, constatam-se três outorgas para captação superficial particulares e um ponto de travessia aérea. Nas proximidades da represa do Tatu com o rio Jaguari (km 597), há três pontos de capatação privados, um ponto de lançamento e um ponto de travessia aérea.

Em Cosmópolis, na altura do km 607, observa-se um conjunto de outorgas relacionadas à captações superficiais privadas (três), lançamentos superficiais (quatro) e usos diversos (três). Em Paulínia, destaca-se um ponto de lançamento superficial e um ponto de travessia aérea junto ao km 614.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.3-3**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Piracicaba.

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	Hortolândia/ Sumaré	228 a 240 (Folhas 38, 39 e 40)	Córrego Terra Preta	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
			Córrego Taquara Branca	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – aglomerado urbano, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
	Sumaré		Córrego dos Baços	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
	Sumaré	240 a 250 (Folhas 40 e 41)	Afluentes do Córrego Paraíso	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces Classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
			Córrego Candelário	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico
			Córrego do Pau Pintado	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
	Sumaré/Santa Bárbara d'Oeste		Córrego Francisco de Oliveira	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	Santa Bárbara d'Oeste	240 a 250 (Folhas 40 e 41)	Córrego da Fazenda Wiezel	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
		250 a 266,5 (Folhas 41, 42, 43 e 44)	Tributários e reservatório do Cilio	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
			Ribeirão dos Toledos	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – cidade, lixo da rodovia Monitoramento Cetesb Ponto TOLE03900 – IQA- sem resultado	Sistema lótico e lêntico
			Córrego do Gavião	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - cidade, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
			Córrego Santa Bárbara	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - cidade, lixo da rodovia	Sistema lótico e lêntico
	Santa Bárbara d'Oeste/ Limeira		Rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - cidade, lixo da rodovia	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	**Ramal Santa Bárbara d'Oeste - Botucatu**							
	Saltinho	537 a 550 (Folhas 91, 92 e 93)	Córrego Saltinho	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
			Tributários da margem direita do Ribeirão Piracicaba Mirim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Rio das Pedras		Córrego São José	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
			Córrego Tijuco Preto	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
		550 a 560 (Folhas 93 e 94)	Tributários da margem esquerda do rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
			Córrego Lagoa Parada	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	Rio das Pedras/ Piracicaba	560 a 574 (Folhas 94, 95 e 96)	Ribeirão Lambari	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Piracicaba/Santa Bárbara d'Oeste		Córrego Quebra Dente	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Santa Bárbara d'Oeste		Tributários da margem esquerda do rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras e zona urbana	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – agricultura e cidade	Sistema lótico
			Ribeirão dos Toledos	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras e zona urbana	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – agricultura e cidade Monitoramento Cetesb Ponto TOLE03900 – IQA – sem resultado	Sistema lótico
			Rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	**Ramal Santa Bárbara d'Oeste - Serrana**							
	Santa Bárbara d'Oeste/ Limeira	266,5 a 280 (Folhas 44, 45 e 46)	Rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico
	Limeira		Córrego da Barreira	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
			Córrego do Ambruster	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico
			Córrego Boa Esperança	Recepção de efluentes domésticos - chácaras	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos	Influência de esgoto doméstico - cidade	Sistema lótico
			Ribeirão da Graminha	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico
	Limeira	280 a 290 (Folhas 46, 47 e 48)	Córrego da Barra Verde	Recepção de efluentes domésticos – chácaras e rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico e lêntico
			Ribeirão da Água da Serra	Recepção de efluentes domésticos – chácaras e rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	Iracemápolis	280 a 290 (Folhas 46, 47 e 48)	Córrego Água Suja	Recepção de efluentes domésticos - chácaras	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
			Ribeirão Cachoeirinha	Recepção de efluentes domésticos - chácaras	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
	Iracemápolis	290 a 305 (Folhas 48, 49, 50 e 51)	Ribeirão Cachoeirinha	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
	Santa Gertrudes		Córrego Assistência	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Cordeirópolis		Córrego Ibicaba	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	**Ramal Santa Bárbara d'Oeste – Paulínia**							
	Santa Bárbara d'Oeste/ Limeira	575 a 590 (Folhas 97, 98 e 99)	Ribeirão da Lagoa Nova	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Limeira		Ribeirão do Bernardino	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
			Ribeirão do Tatu	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Limeira	590 a 600 (Folhas 99, 100 e 101)	Córrego da Corredeira	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
	Limeira/ Cosmópolis		Represa do Tatu	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lêntico
			Rio Jaguari	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.3-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 5.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 Bacia do Rio Piracicaba	Limeira/ Cosmópolis	590 a 600 (Folhas 99, 100 e 101)	Córrego do Canguçu	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
		600 a 610 (Folhas 101, 102 e 103)	Rio Jaguari	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico
			Córrego Jacutinga	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 1 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
	Cosmópolis/ Paulínia		Córrego Jacaré	Recepção de efluentes domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - agricultura	Sistema lótico e lêntico
	Paulínia	610 a 614 (Folha 103)	Drenagem sem nome	Recepção de efluentes industriais, domésticos - agricultura	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos – agricultura)	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

BACIA DO RIO JUNDIAÍ

O traçado da dutovia nesse trecho da ADA seguirá por 26 km (do km 167 ao km 193), passando pelos municípios de Jundiaí e Louveira até atingir a bacia do rio Capivari, nos limites de Louveira.

Entre os km 167 e 185, o empreendimento interceptará a drenagem tributária da margem esquerda do rio Jundiaí, com destaque para o córrego Terra Nova, rio das Pedras, córregos Japi-Guaçu e da Valquíria entre os km 173 e 180. Pouco além do km 185 (interceptação 248), a dutovia irá alcançar a drenagem do rio Jundiaí, principal curso d'água da ADA nessa bacia. A partir desse ponto, o empreendimento irá interceptar tributários da margem direita do rio Jundiaí com destaque para o córrego Chapadão (km 187).

No total, estão previstas 22 interceptações de drenagens na bacia do Jundiaí. Conforme **Quadro 10.1.7.3.3-4,** foram inspecionados em campo 12 cursos d'água, em janeiro e fevereiro de 2010, período chuvoso.

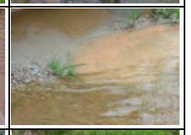
Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 1,0 m a 20 m, no rio Jundiaí, com máximo de 100 m, aproximadamente, no córrego afluente do rio Jundiaí. As profundidades variam entre 0,1 m e 2,0 m no rio principal. A maior parte dos cursos d'água a ser interceptada não possui obras de arte, destacando-se a presença de retificações entre o afluente do córrego SN e o córrego da Valquíria.

A ocupação do entorno é variada entre o rural (pastagens, agricultura, cultivo de eucalipto) e o urbano, destacando-se a zona industrial de Jundiaí. Esse padrão de ocupação, associado à constante presença da rodovia dos Bandeirantes, SP-348, faz com que os corpos d'água inteceptados pela dutovia apresentem-se geralmente com mata ciliar de alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas com moderado e elevado grau de turbidez e colaborando para os resultados de IQA inferidos para a AID que oscilaram de Bom a Péssimo, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Quanto a outorgas na ADA, não são verificadas captações, lançamentos superficiais, barramentos mas foram constatadas duas travessias uma nas proximidades do ponto de interceptação 233 e outra próxima ao km 183.

No **Quadro 10.1.7.3.3-4**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.3-4 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Jundiaí

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí / Bacia do Rio Jundiaí	Jundiaí	167 - 170	168	Afluente do Córrego SN	233A	7.424.868	23K 310.213	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,3m(prof.)	Retificação do córrego a jusante	Mata ciliar muito alterada em estágio inicial / Pinus e Eucalipto	Rodovia SP-348 / Eucalipto e Pinus / Mata Nativa	Obra situada a montante contribuindo com a carreação de solo e outros resíduos	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Cyperáceas e Poáceas - Amplo banco de *Brachiaria subquadripada e Bancos de Hedychium*			
			168	Afluente do Córrego SN	233	7.424.892	23K 310.198	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,1m(prof.)	Retificação do córrego a montante	Mata ciliar alterada em estágio inicial e eucalipto	Rodovia SP-348 / Eucalipto e Pinus / Mata Nativa	Obra situada a montante contribuindo com a carreação de solo e outros resíduos	Turbidez elevada / Assoreamento muito elevado	Poáceas e Banco de Typha sp			
			168	Afluente do Córrego SN	234	7.425.371	23K 310.045	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,5m(prof.)	Retificação do córrego	Mata ciliar inexistente - sinais de fogo pretérito na área	Rodovia SP-348 / Pinus / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - *Panicum, Pensietum, Andropogon, Brachiaria e Bancos de Hedychium*			
	Jundiaí	170 - 180	174	Rio das Pedras	240	7.428.724	23K 306.870	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 1,0m(larg.) / 0,3m(prof.)	Retificação do córrego	Mata ciliar alterada em estágio inicial	Rodovia SP-348 / Pinus / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - *Panicum, Pensietum, Andropogon, Brachiaria e Bancos de Hedychium*			
			175	Afluente do Córrego Japi-Guaçu	241	7.429.389	23K 306.176	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,5m(prof.)	Retificação do córrego e caixa de equalização e sedimentação	Mata ciliar alterada em estágio inicial e eucalipto	Rodovia SP-348 / Eucalipto / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez elevada / Assoreamento moderado	Poáceas			
			178	Córrego da Valquíria	245	7.431.130	23K 303.975	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,5m(prof.)	Retificação do córrego e caixa de equalização e sedimentação	Mata ciliar alterada em estágio inicial e eucalipto - MACROZONA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	Rodovia SP-348 / Eucalipto / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez elevada / Assoreamento moderado	Poáceas			
			179	Córrego da Valquíria	246	7.431.926	23K 303.125	29/01/2010	Chuvoso	Ambiente lótico. Aprox. 2,0m(larg.) / 0,4m(prof.)	Não há	Mata ciliar em estágio inicial	Rodovia SP-348 / Eucalipto / Mata Nativa / Pasto	Rodovia SP-348	Turbidez baixa a moderada Assoreamento elevado	Bancos de *Penisetum sp* e amplo Banco de *Typha sp, além de poáceas, cyperáceas, e agrupamento de Croton urucurana*			
	Jundiaí	180 - 193	185	Rio Jundiaí	248	7.437.055	23K 300.664	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 20m(larg.) / 0,5-2m(prof.)	Não há	Inexistente	Rodovia SP-348 / Pasto / Parque Industrial e residencial	Rodovia SP-348 / Provável despejo de Esgoto Doméstico e Industrial	Turbidez muito elevada/ Assoreamento muito elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum e Ricinus (Mamona)			
			186	Córrego Chapadão	249	7.469.449	23K 299.956	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 3m(larg.) / 0,5m(prof.)	Córrego retificado	Inexistente	Rodovia SP-348 / Pasto / Parque Industrial e residencial	Rodovia SP-348 / Provável despejo de Esgoto Doméstico	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum e Ricinus (Mamona)			
			189	Córrego afluente do Rio Jundiaí	251	7.439.471	23K 297.849	02/02/2010	Ensolarado	Área alagada (brejo): aprox. 100m (larg.) / 0,3m (prof.) / 500 m (comp.)	Não há	Inexistente - Dessedentação de gado	Rodovia SP-348 / Pasto	Rodovia SP-348 / Pasto	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum, além de cyperáceas e amplo Bancos de Typha e Hedychium situados a montante			
			189	Córrego afluente do Rio Jundiaí	252	7.440.276	23K 297.299	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m(larg.) / 0,3m(prof.)	Não há	Inexistente a Alterada - Captação de água para irrigação agrícola	Pequean áreas de cultivo / Pasto / SP-348 / Estufa / Mata Nativa	Rodovia SP-348 / Agricultura	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum, Musa e Ricinus (Mamona)			
			190	Córrego afluente do Rio Jundiaí	253	7.441.577	23K 296.279	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,0m(larg.) / 0,5m(prof)	Não há	Inexistente a Alterada - Captação de água para irrigação agrícola	Pequean áreas de cultivo / Pasto / SP-348 / Linha de Alta Tensão	Rodovia SP-348 / Agricultura / Provável despejo de Esgoto Doméstico	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum, Musa			

Bacia do Rio Capivari

O traçado da dutovia nesse trecho da ADA nessa bacia seguirá por 35 km (do km 193 ao km 228), passando por Louveira, Jundiaí, Vinhedo, Itupeva, Campinas e Hortolândia, acompanhando o traçado da rodovia dos Bandeirantes, SP-348.

A partir do km 193 até o km 216, a dutovia interceptará a drenagem tributária da margem esquerda do rio Capivari, principal curso d'água da ADA nessa bacia, que será interceptado no km 216 (ponto 279). Destacam-se também o ribeirão do Moinho ou do Tico entre os km 198 e 201, e os tributários da margem direita do rio Capivari, em especial o córrego do Piçarrão ou do Castelo.

No total, estão previstas 32 travessias de drenagens na bacia do Capivari. Conforme **Quadro 10.1.7.3.3-5** foram inspecionados em campo 14 cursos d' água (incluindo uma drenagem no rio Capivari localizada no km 216) em fevereiro e maio de 2010.

Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável, a partir de 1 m, com máximo de 100 m, aproximadamente, no Córrego afluente do Ribeirão do Moinho. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados possui obras de arte com destaque para as estradas e pontes.

A ocupação do entorno é predominantemente rural, pastagens e agricultura, intercaladas com pequenos núcleos populacionais. Esse padrão de ocupação, associado à rodovia dos Bandeirantes, faz com que os corpos d'água interceptados pela dutovia apresentem-se geralmente desprovidos de mata ciliar, refletindo na qualidade das águas com moderado e elevado grau de turbidez e colaborando para a manutenção do IQA inferido para a AID, variável de Bom a Ruim, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado). Os dois corpos lênticos vistoriados estão associados ao ribeirão do Moinho e ao afluente da margem esquerda do rio Capivari que se apresentam desprovidos de mata ciliar.

Em contraste com a situação acima exposta destacam-se os pontos 274 (afluente da margem esquerda do rio Capivari), 281 (afluente da margem direita do rio Capivari) e 285 (córrego do Piçarrão) onde a mata ciliar está preservada. Entretanto, as águas apresentaram poluição, com coloração esverdeada (**Quadro 10.1.7.3.3-5**).

Quanto a outorgas na ADA, não são verificadas captações, travessias e barramentos mas, no ponto de interceptação 287 (km 223), constata-se outorga para lançamento superficial.

No **Quadro 10.1.7.3.3-5**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.3-5 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Capivari

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Capivari	Itupeva	193 - 200	193	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	255	7.442.484	23K 295.180	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,0m(larg.) / 0,5m(prof.)	Não há	Mata secundária situada ao redor da travessia	Milho / Mata Nativa / SP-348	Rodovia SP-348 / Agricultura (Milho)	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Panicum e amplo Banco de Typha			
			195	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	257	7.443.632	23K 294.008	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico. Represamento do córrego: aprox. 100m (larg.) / 3m (prof.) / 300 m (comp.)	Não há	Inexistente a Alterada - Mata situada na cabeceira	Rodovia SP-348 / Mata Nativa / Parque Temático	Rodovia SP-348	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento moderado	Poáceas - Brachiaria, Andropogon, além de cyperáceas, Salvinia e pequeno Banco de Typha			
			195	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	257A	7.443.785	23K 293.873	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico. Represamento do córrego: aprox. 10-70m (larg.) / 3m (prof.) / 150 m (comp.)	Não há	Inexistente - Mata situada a montante da represa e na cabeceira	Rodovia SP-348 / Mata Nativa / Parque Temático	Rodovia SP-348	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento moderado	Poáceas - Brachiaria			
			196	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	258	7.444.562	23K 293.411	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1m(larg.) / 0,4m(prof.)	Córrego retificado a jusante	Inexistente	Rodovia SP-348 / Mata Nativa	Rodovia SP-348	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum, além de cyperáceas e amplo Banco de Typha			
			197	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	259	7.445.302	23K 293.123	02/02/2010	Ensolarado	Drenagem com fluxo Intermitente	Não há	Inexistente	Rodovia SP-348 / Pasto	Rodovia SP-348	Drenagem sem escoamento	Poáceas - Brachiaria			
			198	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	261	7.446.031	23K 292.591	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 3m(larg.) / 0,3m(prof.)	Córrego retificado a jusante	Inexistente a Alterada	Rodovia SP-348 / Chácaras	Rodovia SP-348	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Penisetum e Ricinus (Mamona)			
	Itupeva	200 - 210	200	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	265	7.447.743	23K 291.404	02/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 3 m(larg.) / 0,3m(prof.)	Córrego retificado a jusante	Inexistente - Mata situada a montante da travessia	Pasto / Eucalipto / SP-348	Rodovia SP-348 / Pasto	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria e Penisetum, além de cyperáceas e amplo Banco de Typha situado a montante			
	Campinas		204	Afluente da margem esquerda do Rio Capivari	269	7.450.185	23K 288.994	11/05/2010	Ensolarado	Coberto por vegetação pequena	Estrada	Parcialmente preservada	Sítio / Pouca ocupação no entorno	Sítio	Coloração marrom	Macrófitas			
			204	Afluente da margem esquerda do Rio Capivari	270	7.450.565	23K 288.381	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico, caracterizado por um riacho de pequeno tamanho.	Estrada	Pouco preservada	Poucas ocupações no entorno	Estrada	Coloração marrom	Macrófitas			
			206	Afluente da margem esquerda do Rio Capivari	271	7.451.914	23K 287.537	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico, com águas de coloração esverdeada	Estrada	Inexistente	Pequeno Vilarejo	Estrada / Sítio / Pecuária	Coloração esverdeada	Macrófitas			
	Campinas	210 - 220	210	Afluente da margem esquerda do Rio Capivari	274	7.454.638	23K 284.964	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.)	Estrada / Ponte	Preservada	Estrada	Estrada / Obras	Água Poluída, com coloração esverdeada	–			

Quadro 10.1.7.3.3-5 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Capivari

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Capivari	Campinas	210 - 220	216	Rio Capivari	279	7.458.327	23K 283.015	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico apresentando pouca correnteza. Aprox. 1m (larg.)	Estrada / Casas	Inexistente	Estrada / Cidade	Estrada / Cidade / esgoto sanitário	Águas Poluídas	–			
			220	Afluente da margem direita do Rio Capivari	281	7.463.404	23K 281.524	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico apresentando pouca correnteza. Aprox. 0.6m (larg.)	Estrada	Preservada	Estrada	Estrada	Águas Poluídas com coloração esverdeada	–			
		220 - 228	223	Córrego do Piçarrão ou do Castelo	285	7.464.293	23K 278.776	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.)	Estrada	Preservada	Estrada	Estrada	Água Pouco Poluída	–			

Bacia do Rio Piracicaba

O trecho inicial do traçado da dutovia na ADA nessa bacia seguirá por 38,5 km, passando pelos municípios de Hortolândia, Sumaré e Santa Bárbara d'Oeste até o terminal Santa Bárbara. No trecho Santa Bárbara-Paulínia o empreendimento seguirá por 39 km, passando pelos municípios de Limeira, Cosmópolis e Paulínia. No trecho Santa Bárbara-Anhembi a dutovia seguirá por 37 km pelos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Piracicaba, Rio das Pedras e Saltinho, até atingir os limites da Ugrhi 10 – Tietê-Sorocaba. No trecho Serrana-Santa Bárbara a dutovia seguirá por 38,5 km pelos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Cordeirópolis, Iracemápolis, Santa Gertrudes e Araras, até atingir os limites da Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu.

Entre os km 228 e 266,5, a dutovia interceptará a drenagem tributária da margem esquerda do rio Piracicaba, com destaque para os córregos da Terra Nova, Taquara Branca e dos Baços entre os km 233 e 238, os córregos do Pau Pintado e da Fazenda Wiezal entre os km 246 e 250, ribeirão dos Toledos (km 254 e entre os km263 e 264) e os córregos do Gavião e Santa Bárbara entre os km 257 e 261. Pouco além do km 267, o empreendimento alcança o rio Piracicaba, principal curso d'água da ADA dessa bacia.

No trecho Santa Bárbara-Paulínia, entre os km 575 e 614, o empreendimento também interceptará tributários da margem esquerda do rio Piracicaba além da drenagem do rio Jaguari. No trecho Santa Bárbara-Anhembi, Anhembi-Botucatu, entre os km 537 e 574, o empreendimento transporá as cabeceiras de tributários da margem esquerda do rio Piracicaba e as cabeceiras de tributários da margem direita do rio Capivari. Finalmente, a partir de Santa Bárbara d'Oeste, no trecho até Serrana (km 266,5 a 305), o empreendimento interceptarão próprio rio Piracicaba e seus tributários da margem direita.

No total, estão previstas 61 interceptações de drenagens na bacia do Piracicaba. Conforme **Quadro 10.1.7.3.3-6** foram inspecionados em campo nove cursos d'água do km 228 até e o terminal Santa Bárbara d'Oeste, nove no trecho Serrana-Santa Bárbara, cinco no trecho Santa Bárbara-Anhembi e cinco no trecho Santa Bárbara-Paulínia, totalizando 26 pontos vistoriados. As vistorias ocorreram em janeiro, fevereiro e maio de 2010.

Em geral, no trecho incial da dutovia nessa bacia, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,5 m (córrego do Gavião) a 80 m (córrego Santa Bárbara), com profundidades rasas, com 0,2m no córrego do Gavião. A presença de pontes é constatada no córrego do Gavião.

A ocupação do entorno é variada entre o rural (agricultura – cana de açúcar) com grande quantidade de sítios e a presença de indústrias no km 229 (ponto de interceptação 288 – drenagem sem nome). Esse padrão de ocupação, associado à constante presença da rodovia dos Bandeirantes, SP-348, faz com que os corpos d' água interceptados pela dutovia apresentem-se geralmente com mata ciliar alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas geralmente com moderado grau de turbidez e assoreamento,com coloração marrom, colaborando para os resultados de IQA e IAP inferidos para a AID que apresentaram resultados Bom a Ruim e Bom a Péssimo, respectivamente, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Quanto a outorgas na ADA desse trecho, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas e usos diversos nos corpos d´água interceptados pelo empreendimento.

No trecho Serrana-Santa Bárbara, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 1,0 m a 4,0 m, com máximo de 90 m no rio Piracicaba. Em geral são drenagens rasas (0,2 a 0,3 m de profundidade) com máximo de 1,8 m no rio Piracicaba. Destaca-se a presença de área alagada com 15 m de largura no tributário do córrego da Barra Verde, e a presença de um córrego seco no km 297 (ponto de interceptação 318 – córrego sem nome). Não foi constada a presença de obras de arte nas drenagens vistoriadas.

A ocupação do entorno é variada entre o rural (pecuária e agricultura – cana de açúcar e citrus) e a presença de fragmentos de mata nativa nas proximidades de Limeira. Esse padrão de ocupação, associado à constante presença da rodovia dos Bandeirantes, SP-348, até o km 273, faz com que os corpos d' água interceptados pela dutovia apresentem-se geralmente com mata ciliar alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas geralmente com turbidez variando de baixa a elevada, assoreamento elevado, colaborando para os resultados de IQA e IAP inferidos para a AID que apresentaram resultados Bom a Ruim e Bom a Péssimo, respectivamente, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Quanto a outorgas na ADA desse trecho, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento.

No trecho Santa Bárbara-Anhembi, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,4 m a 5,0 m, com profundidades entre 0,2 m e o máximo de 0,7 m. Como obra de arte foi constatada a presença de estrada em um ponto vistoriado, no afluente do córrego Quebra Dente.

A ocupação do entorno varia entre rural (pecuária e agricultura - cana de açúcar) e urbana com presença de indústrias. A mata ciliar nesse trecho encontra-se alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas geralmente com turbidez e assoreamento baixo a elevado, colaborando para os resultados de IQA e IAP inferidos para a AID que apresentaram resultados Bom a Ruim e Bom a Péssimo, respectivamente, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Quanto a outorgas na ADA desse trecho, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento.

No trecho Santa Bárbara-Paulínia, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 3 m a 8,0 m, a exemplo do rio Jaguari e córrego Canguçu, respectivamente. Em geral, são rasas, com fundo arenoso, como no córrego Canguçu. Foi constada a presença de obras de arte nas drenagens vistoriadas, com destaque para pontes.

A ocupação do entorno é variada entre rural (pecuária e agricultura) e urbana (indústrias). A mata ciliar nesse trecho encontra-se alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas, geralmente apresentando poluição e coloração marrom. Em contraste, no rio Jaguari, a mata encontra-se preservada, entretanto, as águas também apresentam coloração marrom.

Quanto a outorgas na ADA desse trecho, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas, barramentos e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento.

No **Quadro 10.1.7.3.3-6**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.3-6 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba	Hortolândia	228 - 230	229	Drenagem sem nome	288A	7.465.814	23k 273.514	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente Lótico. Aprox. 2m (larg.) e pequena profundidade	Estrada	Alterada	Estrada / Indústrias	Estrada / Indústrias	Águas pouco poluídas	Não observado			
	Sumaré	230 - 240	236	Córrego Taquara Branca	291	7.468.938	23k 267.911	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente Lótico. Aprox. 1,5m (larg.) e pequena profundidade	Estrada	Alterada	Estrada e Sítios	Estrada e esgotamento sanitário	Poluída	Não observado			
	Sumaré	240 - 250	246	Córrego Pau Pintado	295A	7.472.525	23k 259.007	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico apresentado correnteza fraca. Aprox. 3m (larg.) e pequena profundidade	Estrada	Inexistente	Estrada e Plantações	Estrada, Assoreamento e Plantações	Coloração Marrom (barrenta)	Macrófitas			
	Santa Bárbara d´Oeste		249	Córrego da Fazenda Wiezel	296A	7.473.953	23k 256.546	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico apresentado correnteza fraca. Pequena profundidade	Estrada	Inexistente	Estrada e Plantações	Estrada e Plantações	Água pouco poluída	Macrófitas			
	Santa Bárbara d´Oeste	250 - 260	253	Ribeirão dos Toledos	297	7.476.873	23k 253.029	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 15m (larg.) e pequena profundidade	Estrada	Inexistente	Fazenda de Plantação	Estrada e Plantações	Coloração Marrom (barrenta)	Não observado			
			257	Córrego do Gavião	298	7.478.591	23K 249.956	16/01/2010	Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 0,5m (larg.) / 0,2 (prof.)	Ponte na rodovia	Alterada a Inexistente	Cana / Rodovia dos Bandeirantes	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento moderado	Poáceas e *Typha sp*			
		260 - 266,5	260	Córrego Santa Bárbara	299	7.481.166	23k 248.955	11/05/2010	Ensolarado	Ambiente Lêntico. Aprox. 80m (larg.) e pequena profundidade	Estrada e Plantações	Inexistente	Sítio / Agricultura	Estrada / Sítio / Agricultura	Água apresentando qualidade ruim	Macrófitas			
	Santa Bárbara d´Oeste	260 - 266,5	266,5	-	TERMINAL SANTA BÁRBARA D´OESTE	Não observado	Não observado	14/02/2010	Ensolarado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Cana-de-açúcar			
TRECHO SANTA BÁRBARA / SERRANA																			
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba	Limeira	266,5 - 270	267	Rio Piracicaba	304	7.486.448	23K 250.548	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 90m (larg.) / 1,8m (prof.)	Não há	Alterada a Inexistente	Cana / Rodovia	Esgoto doméstico / Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Limeira	270 - 280	270	Córrego Barreiro ou Córrego da Barreira	306A	7.489.289	23K 249.931	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1m (larg.) / 0,2m (prof.)	Não há	Inexistente	Citrus / Pasto	Agricultura (Citrus) / Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas			
			270	Córrego Barreiro ou Córrego da Barreira	306	7.489.352	23K 249.884	14/02/2010	Ensolarado	Nascente	Não há	Inexistente	Citrus / Pasto	Agricultura (Citrus) / Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas			

Quadro 10.1.7.3.3-6 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba	Limeira	270 - 280	270	Córrego Barreiro ou Córrego da Barreira	306B	7.489.364	23K 249.827	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1m (larg.) / 0,2m (prof.)	Não há	Inexistente	Citrus / Pasto	Agricultura (Citrus) / Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas e pequenos bancos de Ludwigia, Polygonum e Alocasia			
			277	Córrego Boa Esperança	311	7.504.598	23K 247.945	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 4m (larg.) / 0,3m (prof.)	Não há	Alterada a Inexistente	Citrus / Pasto / Cana / Mata Nativa / Habitações / Rodovia SP 348	Rodovia / Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas - Panicum e Brachiaria			
	Limeira	280 - 290	282	Tributário do Córrego da Barra Verde	313	7.498.681	23K 246.843	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico/lótico. Área alagada (brejo): aprox. 15m (larg.)	Não há	Alterada a Inexistente	Pomar / Pasto	Rodovia / Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas - Andropogon			
			284	Ribeirão da Água da Serra	315	7.499.885	23K 242.981	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m (larg.) / 0,3m (prof.)	Não há	Inexistente	Pomar / Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - Brachiaria			
	Iracemápolis		289	Ribeirão Cachoeirinha	316	7.503.897	23K 242.482	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,3m (prof.)	Não há	Alterada a Inexistente	Cana / Linhão	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas e amplo Banco de Typha			
	Cordeirópolis	290 - 305	297	Córrego sem nome	318	7.51.2619	23K 243.933	11/05/2010	Ensolarado	Córrego seco. Aprox. 1m (larg.)	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado			
TRECHO SANTA BÁRBARA / BOTUCATU																			
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba	Saltinho	537 - 540	537	Córrego Saltinho	452	7.467.961	23K 224.565	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 0,4m(larg.)/0,2(prof.) Lótico	Não há	Inexistente	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Cana-de-açúcar			
			539	Córrego	453	7.467.801	23K 225.824	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1-1,5m (larg.)/0,7(prof.)	Não há	Alterada a Conservada	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento baixo	Poáceas e arbustos			
	Rio das Pedras	540 - 550	542	Córrego	456	7.468.487	23K 229.541	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m(larg.) / 0,2m(prof)	Não há (ponte a montante e barragem a jusante)	Alterada	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas e cyperáceas			
	Rio das Pedras		544	Córrego São José	457	7.468.665	23K 230.792	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lêntico. Aprox 1m (larg.), pequena profundidade	Agricultura	Inexistente	Agricultura	Agricultura / Pecuária	Água apresentando qualidade ruim	Macrófitas			
	Piracicaba / Santa Bárbara d'Oeste	550 - 574	566	Afluente do Córrego Quebra Dente	464	7.481.462	23k 245.516	11/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.), pequena profundidade	Estrada	Inexistente	Agricultura / Indústria	Agricultura / Indústria / Estrada	Água poluída, com coloração cinza	Não observado			

Quadro 10.1.7.3.3-6 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
TRECHO SANTA BÁRBARA / PAULÍNIA																			
UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Bacia do Rio Piracicaba	Limeira	575 - 590	589	Ribeirão do Tatu	475	7.493.220	23k 258.557	14/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 3m (larg.), pequena profundidade	Ponte	Inexistente	Empresas / Vilarejo	Vilarejo / Esgoto doméstico / Estrada / Assoreamento	Água apresentando qualidade ruim	Não observado			
		590 - 600	592	Córrego da Corredeira	476	7.493.153	23K 261.760	14/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 3m (larg.), pequena profundidade	Ponte	Alterada	Estrada / Fazenda / Vilarejo / Posto	Vilarejo / Esgoto doméstico / Estrada / Assoreamento / Pecuária	Água apresentando qualidade ruim	Não observado			
	Cosmópolis		597	Córrego Canguçu	478	7.492.243	23K 266.053	14/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 8m (larg.), pequena profundidade. Fundo arenoso	Ponte	Alterada	Fazenda / Sítio / Estrada	Fazenda / Estrada / Pecuária / Agricultura	Água poluída, apresentando coloração marrom	Não observado			
		600 -614	603	Rio Jaguari	480	7.490.903	23K 271.107	14/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 8m (larg.), muita vegetação ao redor	Vegetação	Preservada	Fazenda / Agricultura	Agricultura	Coloração marrom	Não foi possível inspecionar			
	Cosmópolis/Paulínia		610	Córrego do Jacaré	482	7.487.250	23K 276.425	14/05/2010	Sol com nuvens	Ambiente lótico. Aprox. 3m (larg.), pequena profundidade	Vegetação	Alterada	Fazenda / Agricultura	Agricultura / Pecuária	Coloração marrom	Não foi possível inspecionar			

10.1.7.3.4 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 10 – Sorocaba e Médio Tietê

Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê

O percurso do empreendimento Projeto Uniduto na bacia do rio Tietê projeta-se desde o km 459 até o km 537, atravessando os municípios de Saltinho, Piracicaba, Anhembi e Botucatu, integrando o trecho Anhembi-Botucatu onde estão posicionados o porto fluvial e os terminais Anhembi e Botucatu.

Entre os km 476,5 e 537, a dutovia interceptará a drenagem tributária da margem direita do rio Tietê, com destaque para os córregos Mato Alto e Peruca, ribeirão Pederneiras, córrego Cruz Alta, ribeirão Monte Branco e córregos Água Preta, dos Pinheirinhos, ribeirão do Pires, rio Moquém, córrego Água Fria e ribeirão das Vacas. No km 486, o empreendimento alcança o rio Tietê (município de Anhembi), junto ao terminal e ao porto fluvial já mencionados.

A partir do km 485 até o km 537, a dutovia interceptará drenagem da margem esquerda do rio Tietê especialmente o baixo curso do ribeirão dos Remédios e seu afluente córrego do Lajeado. Destaca-se ainda os córregos Água Branca, Bonito, da Estiva e rio Alambari entre os km 459 e 464. No entorno do terminal Botucatu predomina a drenagem contribuinte do rio Alambari representada pelos córregos Monjolinho e Anhumas.

Este trecho da dutovia tem como aspecto marcante o fato de o eixo do empreendimento continuar interceptando terrenos particulares em áreas nitidamente marcadas pela prática agrícola que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa bacia. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento e cargas difusas relacionadas à prática agrícola.

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são classe 2, exceto os córregos Cruz Alta, Catinguero e ribeirão Pederneiras, enquadrados na classe 4. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais.

A rede de amostragem na bacia do Tietê adotada pela Cetesb (2009, op. citado) não compreende pontos de monitoramento na faixa da AID da dutovia. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas à montante do empreendimento (TIET 02450 – ponte da estrada para a fazenda Santo Olegário em Laranjal Paulista), cujo Índice de Qualidade da Água – IQA apresentou média na categoria Ruim durante o ano de 2008. Este resultado está relacionado às elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, elevadas concentrações de $DBO_{5,20}$ e baixas concentrações de oxigênio dissolvido durante todo o ano.

O ponto TIBT 02500, no braço do Tietê e os pontos TIBB 02100 e TIBB 02700 no reservatório de Barra Bonita, embora fora dos limites da AII e AID, estão a jusante do rio Tietê (município de Anhembi) e apresentaram média de IQA classificada de Boa a Ótima. Como já foi mencionado para a AII, o reservatório de Barra Bonita é alimentado por rios com níveis de qualidade da água bastante variáveis.

No rio Tietê (município de Anhembi), o IET médio foi considerado Eutrófico nos pontos TIBB 02100, TIBB 02700 e TIBT 02500, ressaltando a presença de fósforo como o principal fator de sua eutrofização.

A análise da comunidade fitoplanctônica foi realizada no ponto TIBB 02700 a cada dois meses, apontando média Regular, considerando que nos meses de março e maio o diagnóstico foi considerado Ruim e Ótimo, respectivamente. O IVA será avaliado, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Quanto a outorgas, destaca-se uma captação superficial privada no ribeirão Pederneiras (km 527), bem como uma captação para abastecimento público no ribeirão Anhumas (km 509) a jusante do empreendimento. Ao redor da represa da usina de Barra Bonita (km 486), encontram-se outorgas para usos diversos, lançamentos superficiais e travessias. Nas proximidades do terminal Botucatu (km 461 ao 459), encontram-se outorgas para usos diversos, lançamento superficial, barramento e travessia.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.4-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Sorocaba e Médio Tietê.

QUADRO 10.1.7.3.4-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê – Ugrhi 10

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Hidrológico
Ugrhi 10 Bacia do Rio Sorocaba e Médio tietê	Saltinho	537 a 530 (Folhas 90 e 91)	Córrego Mato Alto	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Peruca	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Saltinho	530 a 520 (Folhas 89 e 88)	Córrego Água da Lagoa	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Saltinho/ Piracicaba		Ribeirão Pederneiras	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Piracicaba		Córrego Cruz Alta	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Catinguero	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Água do Valentim	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico e lótico
	Piracicaba	520 a 510 (Folhas 86, 87 e 88)	Tributários do ribeirão Monte Branco	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Ribeirão da Jibóia	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.4-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê – Ugrhi 10

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Hidrológico
Ugrhi 10 Bacia do Rio Sorocaba e Médio tietê	Piracicaba	520 a 510 (Folhas 86, 87 e 88)	Córrego Água Preta	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Ribeirão Monte Branco	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Piracicaba	510 a 500 (Folhas 85, 86 e 87)	Ribeirão das Anhumas	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego dos Toledos	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Tributários do Ribeirão dos Patos	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Ribeirão dos Patos	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego dos Pinheiros	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Piracicaba/ Anhembi	500 a 490 (Folhas 83, 84 e 85)	Ribeirão dos Pires	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico e lêntico
	Anhembi		Rio Moquem	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.4-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê – Ugrhi 10

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Hidrológico
Ugrhi 10 Bacia do Rio Sorocaba e Médio tietê	Anhembi	500 a 490 (Folhas 83, 84 e 85)	Córrego Água Fria	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Anhembi	490 a 480 (Folhas 81,82 e 83)	Córrego Água Fria	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Ribeirão das Vacas	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Rio Tietê (Represa da Usina Barra Bonita)	Recepção de efluentes agrícolas, industriais e domésticos-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas e industriais) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico e industrial	Sistema lótico/lêntico
			Ribeirão dos Remédios ou Bonito	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos-rodovia – sítio urbano	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico/lêntico
			Córrego do Lajeado	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos-rodovia – sítio urbano	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Anhembi	480 a 470 (Folhas 80 a 81)	Córrego do Lajeado	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos-rodovia – sítio urbano	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Água Branca	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos-rodovia – sítio urbano	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Tributários do rio Alambari	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.4-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê – Ugrhi 10

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Hidrológico
Ugrhi 10 Bacia do Rio Sorocaba e Médio tietê	Anhembi	470 a 459 (Folhas 78, 79 e 80)	Córrego Bonito	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego da Estiva	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
	Anhembi/ Botucatu		Rio Alambari	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Monjolinho	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico
			Córrego Anhumas	Recepção de efluentes agrícolas e domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de esgoto doméstico	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê

O traçado da dutovia na ADA nessa bacia seguirá por 78 km (do km 459 ao km 537), passando pelos municípios de Saltinho, Piracicaba, Anhembi e Botucatu, abarcando o trecho Anhembi-Botucatu, envolvendo o porto fluvial e os terminais Anhembi e Botucatu.

O percurso da dutovia encontra-se predominantemente em terrenos da sub-bacia do Médio Tietê Inferior. Entre os km 537 e 476,5, a dutovia interceptará a drenagem tributária da margem direita do rio Tietê, com destaque para o córrego Mato Alto (km 534), córrego Peruca (km 532), ribeirão Pederneiras (entre os km 525 e 526), córrego Cruz Alta (entre os km 523 e 524), ribeirão Monte Branco e córrego Água Preta (km 516), córrego dos Toledos (km 509), ribeirão dos Patos (entre os km 502 e 503), córrego dos Pinheirinhos (entre os km 500 e 501), ribeirão dos Pires (entre os km 497 e 498), rio Moquém (entre os km 492 e 493), córrego Água Fria (km 490), ribeirão das Vacas entre os km 488 e 489). No km 486, o empreendimento alcança o rio Tietê (município de Anhembi), junto ao porto fluvial e ao terminal já mencionado.

A partir do km 459 até o 485, a dutovia interceptará drenagem da margem esquerda do rio Tietê especialmente o baixo curso do ribeirão dos Remédios ou Bonito entre os km 481 e 483 e seu afluente córrego do Lajeado. Destaca-se ainda os córregos Água Branca no km 476, Bonito (km 468, da Estiva (km 466) e rio Alambari entre os km 459 e 464. No entorno do terminal Botucatu predomina a drenagem contribuinte do rio Alambari representada pelos córregos Monjolinho e Anhumas.

No total, estão previstas 80 interceptações de drenagens na bacia do Tietê. Conforme **Quadro 10.1.7.3.4-2**, foram inspecionados em campo 34 cursos d'água, em janeiro e fevereiro de 2010.

Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,4 m, com máximo de 150 m, aproximadamente, no Córrego da Estiva e no afluente do rio Tietê. As profundidades variam de 0,07 a 1,5 m, com o máximo no Tributário do ribeirão dos Patos. Destaca-se a presença de interceptações em cabeceiras de drenagem (pontos de interceptação 386, 388, 438, 439, 440, 450), nascentes (ponto 389) e áreas alagadas (pontos de interceptação 381, 383, 406, 417, 433 e 444). A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados não possuem obras de arte a exceção do ponto 388 com barragem e da interceptação 391 com ponte a jusante.

Referência especial deve ser feita ao ponto de interceptação 419 onde se constatou a existência de nascente a montante e barragem de captação de água de 12mx8mx1,5m.

A ocupação do entorno é variada entre o rural (pastagens e agricultura – cana-de-açúcar/citrus) e o urbano, destacando-se a zona urbana de Anhembi. Esse padrão de ocupação faz com que os corpos d'água interceptados pela dutovia apresentem-se geralmente com mata ciliar alterada, refletindo na qualidade das águas onde a turbidez varia de baixa a elevada, grau de assoreamento moderado a elevado na maior parte dos pontos de interceptação, colaborando para os resultados de IQA inferidos para a AID que oscilaram de Bom a Ruim, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

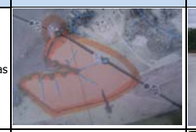
Quanto a outorgas na ADA, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas, barramentos e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento. Apenas é importante registrar na represa da usina de Barra Bonita, nas proximidades da ADA, um ponto de lançamento superficial no entorno do km 486.

No **Quadro 10.1.7.3.4-2**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.4-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê	Botucatu	459 a 470	460	Afluente do Rio Nanibari	370	7.463.015	22K 775.751	06/02/2010	Ensolarado	Aprox. 10 a 12m (larg.)/ 0,5 a1m (prof.)	Não há	Alterada	Pastagem	Pecuária	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas e arbustos			
	Botucatu		460	Afluente do Rio Nanibari	371	7.463.430	22K 776.112	06/02/2010	Ensolarado	Aprox. 1 a 2m (larg.)/ 0,5 a1m (prof.)	Não há	Inexistente	Pastagem	Pecuária	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Anhembi		466	Córrego da Estiva	381	7.466.513	22K 780.303	06/02/2010	Ensolarado	Área de represamento de córrego - várzea: 100 a 150 m (larg.) / Córrego 30m (larg.) / 0,1 a 0,5 (prof.)	Não há	Inexistente	Eucalipto	Silvicultura (eucalipto)	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Anhembi		468	Afluente do Rio Tietê	383	7.467.324	22K 782.215	06/02/2010	Ensolarado	Área de represamento do córrego - várzea:100 a 150 m (larg.)/ 200 a 250 m de (comp.) / Córrego 2m (larg.) / 0,07 (prof.)	Não há	Alterada a Conservada	Eucalipto/ Pastagem	Silvicultura (eucalipto)/ Pecuária	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Anhembi		469	Cabeceira de tributário Alambari	384	7.468.131	22K 783.561	06/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Alterada a Inexistente	Eucalipto	Silvicultura (eucalipto)	Inexistente	Poáceas e arbustos			
	Anhembi	470 a 480	476	Córrego Água Branca	385	7.473.363	22K 786.561	06/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) e 0,3m (prof.)	Não há	Conservada	Pastagem	Pecuária	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas e *Bambuza sp.*			
	Anhembi	480 a 490	480	Cabeceira de tributário do Córrego do Lajeado	386	7.475.028	22K 789.954	06/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Não há	Alterada a Inexistente	Pastagem	Pecuária	Inexistente	Poáceas			
	Anhembi		481	Córrego do Lajeado	387	7.476.010	22K 791.021	04/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1m (larg.) e 0,3m (prof.)	Não há	Conservada	Pastagem	Pecuária	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas e Lirio do brejo			
	Anhembi		482	Tributário do Ribeirão dos Remédios ou Bonito	388	7.476.249	22K 791.230	04/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Barragem	Inexistente	Pastagem	Pecuária	Inexistente	Poáceas			
	Anhembi		482	Afluente do Ribeirão dos Remédios ou Bonito	389	7.476.274	22K 791.258	04/02/2010	Ensolarado	Ambiente Lótico. Área de nascente com aprox. 0,4m (larg.) e 0,2m (prof.)	Não há	Inexistente	Pastagem	Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Anhembi		483	Afluente do Ribeirão dos Remédios ou Bonito	391	7.476.344	22K 791.934	15/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 4 m (larg.) e 1 m (prof.)	Ponte à jusante	Alterada a Inexistente	Cana / Pastagem / Trecho do córrego utilizado para recreação	Pastagem / Extração de Areia	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	*Brachiaria sp* nas margens e Banco de *Typha sp* a montante			
	Anhembi		485	Margem esquerda do rio Tietê	394	7.477.815	22K 794.374	15/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 2,5m (larg.) e 0,5m (prof.)	Não há	Alterada a Inexistente	Cana / Centro urbano (Anhembi) / Pastagem	Esgoto doméstico / Agricultura / Pastagem / Extração de Areia	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas nas margens e Bancos de *Polygonum* e *Pistia sp*			

Quadro 10.1.7.3.4-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê	Anhembi	480 a 490	488	Ribeirão das Vacas	397	7.479.011	22K 796.380	17/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 2,5m (larg.) e 0,2m (prof.)	Não há	Moderadamente conservada	Cana / Pastagem	Agricultura (Cana)/ Pastagem	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas e cyperáceas			
	Anhembi	490 a 500	490	Córrego Água Fria	398-399	7.478.724	22K 797.882	17/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m (larg.) e 0,5m (prof.)	Não há	Moderadamente conservada	Cana / Pastagem Citrus	Agricultura (Cana e Citrus)/ Pastagem	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas e cyperáceas			
	Anhembi		492	Rio Moquém	401	7.477.923	22K 800.746	17/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.) / 0,8m (prof.)	Não há	Moderadamente conservada	Cana / Pastagem	Agricultura (Cana)/ Pastagem	Turbidez moderada - Presença de ácidos húmicos / Assoreamento elevado	Poáceas e cyperáceas			
	Anhembi		494	Afluente do Rio Moquém	406	7.476.597	22K 801.789	17/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Área de represamento do córrego - várzea: 10-30m (larg.)	Não há	Inexistente / Mata ciliar conservada situada a montante	Pastagem	Pastagem	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Bancos de *Hedychium* e amplo Banco de *Typha sp, além de poáceas, cyperáceas, Heteranthera e Ludwigia sp*			
	Piracicaba		497	Ribeirão dos Pires	407	7.475.674	22K 806.880	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.) e 0,7m (prof.)	Não há	Mata ciliar conservada	Pastagem de bovinos e caprinos	Pastagem	Turbidez moderada - Presença de ácidos húmicos / Assoreamento moderado	Poáceas			
	Piracicaba	500 a 510	500	Córrego dos Pinheiros	409	7.473.446	22K 807.098	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 4m (larg.) e 0,4m (prof.)	Não há	Mata ciliar conservada	Pastagem / Citrus	Pastagem / Agricultura (Citrus)	Turbidez moderada - Presença de ácidos húmicos / Assoreamento moderado	Poáceas			
	Piracicaba		502	Ribeirão dos Patos	414	7.473.414	23K 192.391	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 0,5m (larg.) e 0,1m (prof.)	Não há	Mata ciliar conservada	Pastagem / Citrus	Pastagem / Agricultura (Citrus)	Turbidez baixa / Assoreamento moderado	Poáceas			
	Piracicaba		502	Tributário do ribeirão dos Patos	415	7.473.443	23K 192.367	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 3m (larg.) e 0,2m (prof.)	Não há	Mata ciliar conservada	Pastagem / Citrus	Pastagem / Agricultura (Citrus)	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas e *Sagitaria sp*			
	Piracicaba		503	Tributário do ribeirão dos Patos	417	7.473.326	23K 194.584	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Ambiente lótico. Área de represamento do córrego - várzea: 10-70m (larg.) e 0,6m (prof.)	Não há	Inexistente	Pastagem	Pastagem - Bovinos	Turbidez baixa / Assoreamento bastante elevado	Poáceas - *Brachiaria subquadripada*			
	Piracicaba		504	Tributário do ribeirão dos Patos	418	7.472.614	23K 194.885	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Mata perturbada e segmentada ao longo da linha de drenagem	Pastagem	Pastagem - Bovinos	-	Poáceas			
	Anhembi	500 a 510	504	Tributário do ribeirão dos Patos	419	7.472.524	23K 195.158	23/01/2010	Parcialmente Nublado	Nascente com afloramento a montante / represa de captação 12 m x 8 m x 1,5 m prof.	Não há	Mata ciliar conservada situada a jusante do ponto	Cana / Pastagem	Pastagem - Bovinos / Cana	Turbidez baixa / Assoreamento moderado - Captação de água da nascente	Banco de *Typha sp*			
	Piracicaba	520 a 530	523	Córrego Cruz Alta	433	7.471.235	23K 211.486	04/02/2010	Ensolarado	Ambiente Lótico. Área de represamento do córrego - várzea: 15-20m (larg.) e 0,2-0,5(prof.)	Não há	Alterada	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas			

Quadro 10.1.7.3.4-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação/ Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 10 - Sorocaba e Médio Tietê	Piracicaba	520 a 530	524	Afluente Cruz Alta	436	7.470.732	23K 212.084	04/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1-2 m (larg.) e 0,4-0,7m (prof.)	Não há	Alterada a Conservada	Cana / Pastagem	Pecuária	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Piracicaba		525	Ribeirão Pederneiras	437	7.470.592	23K 213.367	04/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1-2 m (larg.) e 0,4-0,7m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana / Pastagem	Agricultura (Cana)/ Pecuaria	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Saltinho		526	Cabeceira de drenagem de afluente do Ribeirão Pederneiras	438	7.470.479	23K 214.614	04/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Não há	Inexistente	Cana / habitação	Agricultura (Cana)	Inexistente	Poáceas			
	Saltinho		527	Cabeceira de drenagem de afluente do Ribeirão Pederneiras	439	7.470.402	23K 214.927	04/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Não há	Inexistente	Cana / habitação	Agricultura (Cana)	Inexistente	Poáceas			
	Saltinho		527	Cabeceira de drenagem de afluente do Ribeirão Pederneiras	440	7.470.405	23K 215.195	03/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Não há	Inexistente	Cana / habitação	Agricultura (Cana)	Inexistente	Poáceas			
	Saltinho	530 a 537	532	Córrego Peruca	443	7.468.486	23K 218.941	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1-2m (larg.) e 0,2m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez alta/ Assoreamento alto	Poáceas			
	Saltinho		532	Tributário do córrego Peruca	444	7.468.494	23K 219.057	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico/lêntico. Área de represamento do córrego - várzea: 15 a 20 m (larg)	Não há	Alterada a Inexistente	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento baixo	Poáceas e Banco de Ciperaceas			
	Saltinho		534	Córrego Mato Alto	448	7.468.443	23K 220.899	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.)e 0,3 (prof.)	Não há	Inexistente	Pasto	Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento elevado	Poáceas			
	Saltinho		534	Córrego Mato Alto	449A	7.468.454	23K 220964	03/02/2010	Ensolarado	Ambiente lêntico. Aprox. 1,7m (larg.) e 0,85m (prof.)	Não há	Inexistente	Pasto	Pecuária	Turbidez elevada / Assoreamento baixo	Poáceas			
	Saltinho		536	Cabeceira de drenagem do Córrego Mato Alto	450	7.468.257	23K 223608	03/02/2010	Ensolarado	Cabeceira de drenagem, área sem água	Não há	Inexistente	Cana	Agricultura (Cana)	Inexistente	Poáceas			

10.1.7.3.5 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 09 – Mogi-Guaçu

Bacia do Rio Mogi-Guaçu

O percurso da dutovia na bacia do rio Mogi-Guaçu se projeta desde o km 305 até o km 419, transpondo os municípios de Araras, Rio Claro, Corumbataí, Leme, Santa Cruz da Conceição, Analândia, Pirassununga, Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro e Luiz Antônio, constituindo parte do trecho Serrana-Santa Bárbara.

No trecho compreendido entre Araras (km 305) e Descalvado (km 396), o empreendimento intercepta tributários da margem esquerda do rio Mogi-Guaçu. Entre Descalvado (km 397) e Luiz Antônio (km 419), a dutovia intercepta contribuintes da margem direita do rio Mogi-Guaçu, inclusive formadores do ribeirão da Onça.

Na sub-bacia do Alto Mogi, o aspecto marcante está relacionado ao eixo da dutovia acompanhar paralelamente o limite da Ugrhi 05 com a Ugrhi 09, em áreas nitidamente marcadas pela prática agrícola. Na sub-bacia do Médio Mogi Superior, a dutovia continua o seu traçado por áreas agrícolas destacando-se apenas, nos limites da AID, a presença da zona urbana de Descalvado. Assim, as fontes de poluição e de contaminação das águas nesse trecho relacionam-se às cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID, resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento e às fontes difusas.

De acordo com o Decreto Estadual n°10.755/77, os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia como os ribeirões Furnas e das Araras além do córrego São Domingos são enquadrados como classe 3. O córrego Jacu é classificado como classe 4 e os demais são da classe 2. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais.

A rede de amostragem na bacia do Mogi-Guaçu adotada pela Cetesb (2009, op. citado), não compreende pontos de monitoramento na faixa da AID da dutovia. No entanto, prevalecem nos recursos hídricos que drenam essa faixa as condições observadas no ponto MOGU 02490, nos limites da AII, junto à usina de Santa Rita, divisa de Santa Rita do Passa Quatro com Descalvado, cuja média do Índice de Qualidade da Água – IQA foi considerado Bom durante o ano de 2008.

No ponto selecionado para caracterização da AID, não há resultados para o IAP nem para o IET porém, na drenagem do rio Araras, córrego Constantino, ribeirão do Meio e córrego Batistela, o IET variou de Hipereutrófico a Ultraoligotrófico. Esta grande variação relaciona-se ao adensamento urbano na bacia e o expressivo aporte de esgoto doméstico, sem tratamento, no rio Mogi-Guaçu, comprometendo a qualidade de suas águas.

Assim como para Qualidade da Água, não há pontos de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID tampouco resultados de avaliação dos sedimentos. Entretanto, infere-se a existência de condições adversas para o estabelecimento da biota aquática, devido ao elevado nível de degradação e ao alto grau de trofia, além dos reduzidos níveis de oxigênio dissolvido das águas dessa bacia, ao longo de todo o ano de 2008. Estes aspectos serão avaliados, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico item 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos.

Na bacia do rio Mogi-Guaçu, são constatadas as seguintes outorgas: uma travessia no ribeirão Furnas (km 309-310), outra no ribeirão do Pântano (km 367) , três captações privadas no ribeirão Araras (km 316), uma no ribeirão Descaroçador (km 354) e duas no rio Bonito (km 359). Quanto a lançamentos superficiais verificou-se um ponto no ribeirão Descaroçador (km 354) e um barramento no km 311 junto ao córrego Água Boa, além de usos diversos e captações para abastecimento público.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.5-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Mogi-Guaçu.

QUADRO 10.1.7.3.5-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Mogi-Guaçu – Ugrhi 09

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 09 Bacia do Rio Mogi-Guaçu	Araras/Rio Claro	305 a 320 (Folhas 51, 52 e 53)	Afluente do Ribeirão Furnas	Recepção de efluentes agrícolas - rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Araras		Ribeirão Furnas	Recepção de efluentes agrícolas - rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
			Córrego Água Boa	Recepção de efluentes agrícolas - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
			Ribeirão das Araras	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistemas lótico e lênticos
	Araras/Rio Claro/Leme/ Corumbataí	320 a 330 (Folhas 53, 54 e 55)	Córrego do Jacu	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
			Afluentes do Córrego do Jacu	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Corumbataí	330 a 340 (Folhas 55, 56 e 57)	Afluentes do Córrego do Jacu	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 4 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Corumbataí		Afluentes do Ribeirão do Moquem	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Corumbataí/ Santa Cruz da Conceição		Ribeirão do Moquem	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.5-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Mogi-Guaçu – Ugrhi 09

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 09 Bacia do Rio Mogi-Guaçu	Santa Cruz da Conceição/ Analândia	340 a 350 (Folhas 57 e 58)	Córrego do Serrinho	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Santa Cruz da Conceição/ Analândia		Afluentes do Córrego Capim Fino	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Santa Cruz da Conceição/ Analândia		Córrego Capim Fino	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Santa Cruz da Conceição/ Analândia/ Pirassununga	350 360 (Folhas 58, 59 E 60)	Córrego da Graminha	Recepção de efluentes agrícolas - rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos, lixo da rodovia	Sistema lótico
	Pirassununga		Ribeirão do Descaroçador	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e efluentes domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado		Rio Bonito	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
			Afluentes do Rio Bonito	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado	360 a 370 (Folhas 60, 61 e 62)	Afluentes do Rio Bonito	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.5-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Mogi-Guaçu – Ugrhi 09

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 09 Bacia do Rio Mogi-Guaçu	Descalvado	360 a 370 (Folhas 60, 61 e 62)	Córrego da Bomba	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
			Ribeirão do Pântano	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado	370 a 380 (Folhas 62 e 63)	Afluentes da margem direita do Ribeirão do Pântano	Recepção de efluentes domésticos – zona urbana	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos-zona urbana	Sistema lótico
	Descalvado		Córrego São Domingos	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado	380 a 390 (Folhas 63, 64 e 65)	Córrego São Domingos	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado	390 a 400 (Folhas 65, 66 e 67)	Ribeirão do Pântano	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Descalvado/ Santa Rita do Passa Quatro		Rio Mogi	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico
	Santa Rita do Passa Quatro/ Luiz Antônio	400 a 410 (Folhas 67, 68 e 69)	Ribeirão Vaçunuga	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico e lêntico
	Luiz Antônio/ São Simão	410 a 419 (Folhas 69 e 70)	Afluentes do Ribeirão da Onça	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e esgotos domésticos	Influência de efluentes agrícolas e esgotos domésticos	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

Bacia do Rio Mogi-Guaçu

O traçado da dutovia na ADA nessa bacia seguirá por 114,76 km (do km 305 ao km 419), passando pelos municípios de Araras, Rio Claro, Leme, Corumbataí, Santa Cruz da Conceição, Analândia, Pirassununga, Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro e Luiz Antônio.

Entre os km 305 e 397, a dutovia interceptará a drenagem da margem esquerda do rio Mogi-Guaçu e, até o km 419, tributários da margem direita desse rio, além dos formadores do ribeirão da Onça. No km 396,8, o empreendimento alcança o rio Mogi-Guaçu, principal curso d'água da ADA nessa bacia.

No total, estão previstas 38 interceptações de drenagens na bacia do Mogi-Guaçu. Conforme **Quadro 10.1.7.3.5-2**, foram inspecionados 19 cursos d'água, em fevereiro de 2010. Observa-se que uma das interceptações será no próprio rio Mogi-Guaçu (ponto 353).

Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 1,0 m a 40 m, com máximo de 200 m, aproximadamente, no rio Mogi-Guaçu. Destaca-se a presença de áreas brejosas no afluente do ribeirão das Araras (largura 25 m) e no córrego do Moquem (largura 40 m). Os corpos hídricos em geral são rasos, 0,1 a 1,5 m, exceto o rio Mogi-guaçu, com 3 m de profundidade. Nessa bacia destaca-se a presença de interceptações em áreas alagadas nos pontos 321, 339 e 343. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados não possuem obras de arte.

A ocupação do entorno é predominantemente rural (agricultura da cana-de-açúcar, citrus, pastagens, cultura do eucalipto). Destaca-se a presença de mineração no ponto 337, a presença de carvoaria no ponto 355, junto ao ribeirão da Onça, e a rodovia Anhanguera no ponto 353. Esse padrão de ocupação faz com que os corpos d'água interceptados pela dutovia apresentem geralmente mata ciliar alterada a inexistente, refletindo na qualidade das águas com variação na turbidez mais elevada, sinais evidentes de assoreamento, colaborando para os resultados de IQA inferidos para a AID que oscilaram de Regular a Bom, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Não são verificadas captações e lançamentos superficiais outorgados na ADA, nem mesmo travessias aéreas, barramentos e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento.

No **Quadro 10.1.7.3.5-2**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.5-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 9 - Mogi-Guaçu

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 9 - Mogi Guaçu	Araras	305 - 320	311	Córrego Água Boa	320	7.523.639	23K 249.265	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 4m (larg.) / 0,6m (prof.)	Não há - Represa situada a montante	Inexistente	Cana /Rodovia/Represa	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento moderado	Poáceas , Cyperáceas e Amplo Banco de *Typha angustifolia*			
			313	Ribeirão da Lagoa, afluente do Ribeirão Furnas	321	7.525.902	23K 249.635	14/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Área de represamento do córrego: aprox. 15m (larg) / 1,5m (prof.)	Não há	Inexistente	Citrus / Cana	Agricultura (Cana e Citrus)	Turbidez elevada / Assoreamento moderado - Captação de água para irrigação	Poáceas , Cyperáceas e Amplo Banco de *Typha angustifolia*			
			315	Afluente Ribeirão das Araras	322	7.527.172	23K 249.601	17/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,2m (prof.)	Não há	Inexistente	Citrus / Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento elelvado	Poáceas , Cyperáceas e Arbustivas			
			316	Afluente Ribeirão das Araras	323	7.528.161	23K 249.659	17/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Brejo com aprox. 25m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento elelvado	Poáceas , Cyperáceas, arbustivas e Amplo Banco de *Typha angustifolia*			
			316	Ribeirão das Araras	325	7.529.025	23K 249.752	17/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,1m (prof.)	Não há	Inexistente a Muito Alterada	Cana	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento muito elelvado	Poáceas			
	Corumbataí	330 - 340	330	Córrego	333	7.539.927	23K 243.506	10/02/2010	Nublado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,7m (prof.)	Não há	Mata perturbada e segmentada ao longo do córrego	Cana / Eucalipto	Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas			
			334	Afluente do Ribeirão do Moquem	335	7.542.875	23K 241.556	11/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Mata ciliar relativamente conservada em alguns trechos da APP	Cana / Eucalipto	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa/ Assoreamento moderado	Poáceas			
	Santa Cruz da Conceição		338	Ribeirão do Moquem	337	7.546.353	23K 240.052	11/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Brejo com aprox. 10-40m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Mata ciliar relativamente conservada situada a montante do Ponto	Citrus / Pasto / Cana / Mineradora / Mata Nativa	Agricultura (Cana e Citrus) / Mineração	Turbidez moderada/ Assoreamento moderado	Poáceas , Cyperáceas e Arbustivas			
		340 - 350	345	Córrego do Serrinho	338	7.550.905	23K 236.506	11/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 4m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Mata ciliar relativamente conservada	Pasto / Cana / Mata Nativa	Pecuária / Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento moderado	Poáceas			
	Pirassununga	350 - 360	350	Córrego Graminha	339	7.555.482	23K 233.782	11/02/2010	Ensolarado	Área de represamento do córrego: 100m (larg). Ambiente lêntico. / Córrego: 2m (larg)/0,5m (prof.). Ambiente lótico.	Não há	Alterada a Inexistente	Pastagem /Mata Nativa / Cana / Rodovia	Pecuária / Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento baixo	Poáceas - Brachiaria subquadripada , Cyperáceas e Amplo Banco de *Typha angustifolia*			
			354	Ribeirão Descaroçador	341	7.559.353	23k 232.557	11/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Mata ciliar relativamente conservada	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada/ Assoreamento moderado	Poáceas			

Quadro 10.1.7.3.5-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 9 - Mogi-Guaçu

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 9 - Mogi Guaçu	Descalvado	350 - 360	359	Rio Bonito	342	7.564.597	23k 229.784	12/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.) / 0,4m (prof.).	Não há	Inexistente a Perturbada	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa/ Assoreamento moderado	Poáceas e arbustivas			
		360 - 370	361	Afluente Rio Bonito	343	7.564.597	23k 229.073	12/02/2010	Ensolarado	Área de represamento do córrego: 15m (larg.). Ambiente lêntico / Córrego: 1m (larg)/ 0,3m(prof.). Ambiente lótico	Não há	Inexistente	Pastagem /Mata Nativa / Cana	Pecuária / Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento moderado	Poáceas			
			361	Afluente Rio Bonito	344	7.564.816	23k 228.995	12/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 2m (larg.) / 0,4m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento moderado	Poáceas , Cyperáceas, pequeno Banco de *Typha angustifolia , Heteranthera e Ludwigia sp e Eleocharis*			
			362	Afluente Rio Bonito	345	7.564.776	23K 228.406	12/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	-	-	Cana-de-açúcar			
		370 - 380	371	Afluente Ribeirão do Pantâno	348	7.573.733	23k 222.831	12/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 4m (larg.) / 0,7m (prof.)	Não há	Inexistente	Pastagem / Mata Nativa / Cana	Pecuária / Agricultura (Cana)	Turbidez elevada / Assoreamento elevado	Poáceas , Cyperáceas, pequeno Banco de *Typha angustifolia*			
	Santa Rita do Passo Quatro	390 - 400	396	Rio Mogi-Guaçu	353	7.596.255	23k 219.601	17/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 200 m (larg.) / 3 m (prof.)	Não há	Inexistente	Pastagem / Mata Nativa / Cana / Citrus	Pecuária / Agricultura (Cana / Citrus) - Provavel lançamento de esgoto doméstico e industrial / Rodovia Anhanguerra	Turbidez elevada / Assoreamento moderado	Poáceas e Cyperáceas			
	Luís Antônio	410 - 419	416	Ribeirão da Onça	355	7.614.644	23k 223.635	12/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa / Carvoaria / Rodovia	-	-	Cana-de-açúcar			
			417	Ribeirão da Onça	358	7.615.211	23k 224.173	12/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa / Rodovia	-	-	Poáceas			

10.1.7.3.6 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 04 – Pardo

Bacia do Rio Pardo

O percurso da dutovia na bacia do rio Pardo projeta-se desde o km 419 até o km 459, envolvendo o final do trecho Serrana-Santa Bárbara, transpondo os municípios de Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos, Serra Azul e Serrana.

Entre os municípios de São Simão e Serrana, o empreendimento intercepta a drenagem do ribeirão Tamanduá, afluente da margem esquerda do Pardo, na sub-bacia do Ribeirão da Prata/Ribeirão Tamanduá enquanto, em Serrana, aproxima-se da porção noroeste da sub-bacia do Médio Pardo.

A dutovia tem como aspecto marcante acompanhar até o km 438, em São Simão, o traçado da SP-330, rodovia Anhanguera e, a seguir, de Cravinhos até Serrana, segue a estrada de ferro, envolvendo terrenos particulares marcados pela prática agrícola (cana-de-açúcar), além da presença de fragmentos de mata nativa. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes da irrigação das plantações e efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento. É importante ressaltar a presença de mineração e porto de areia nas proximidades da AID à altura do km 426.

De acordo com o Decreto Estadual n° 10.755/77, os corpos d'água córrego Água Vermelha, ribeirão Tamanduá e córrego Jaboticabal inseridos na AID dessa bacia são classe 3 enquanto os demais são classe 2. As águas são destinadas à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas, recepção de efluentes domésticos e industriais.

A rede de amostragem na bacia do rio Pardo adotada pela Cetesb (2009, op. citado), não compreende pontos de monitoramento na faixa da AID da dutovia. No entanto, prevalecem, nos recursos hídricos que drenam essa faixa, as condições observadas à jusante do projeto (PARD 02500 – margem esquerda do rio Pardo, no Clube de Regatas de Ribeirão Preto, cujo Índice de Qualidade da Água – IQA enquadrou-se na categoria média Boa, durante o ano de 2008.

É importante destacar que a montante do terminal Serrana, no ponto PARD 02100, na ponte da rodovia SP-340, no trecho que liga Casa Branca a Mococa, nos meses de monitoramento do segundo semestre de 2008, o resultado foi considerado Ótimo para IQA. Para o ponto PARD 02500, o índice de estado trófico, calculado com as concentrações de fósforo total e clorofila a, indica média anual mesotrófica.

Assim como para Qualidade da Água, não há pontos de monitoramento das comunidades aquáticas na faixa da AID nem resultados de avaliação dos sedimentos. Entretanto, infere-se a existência de condições regulares para o estabelecimento da biota aquática, devido aos resultados médios de IVA Ótimo para o PARD 02100 e Bom para o PARD 02500 e PARD 02600 no ano de 2008. O IVA será discutido, como mencionado na caracterização da AII, no volume relacionado ao meio biótico no item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos.

Na bacia do rio Pardo, as outorgas estão relacionadas a seis pontos de lançamentos superficiais entre os km 449 e 451, associados à drenagem do ribeirão Tamanduá, nas proximidades dos limites municipais de Cravinhos e Serra Azul. Constatou-se também a presença de dois pontos de captação superficial privados em Cravinhos (km 444 e 449). Não foram detectadas travessias superficiais, barramentos e usos diversos na AID desse trecho do empreendimento.

Quanto ao terminal Serrana, este se localiza em terreno do interflúvio entre o córrego do Espraiado ou do Arantes e o ribeirão Tamanduá, afluente da margem esquerda do rio Pardo, no município de Serrana, próximo aos limites com Cravinhos.

A seguir, no **Quadro 10.1.7.3.6-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Pardo.

QUADRO 10.1.7.3.6-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Pardo – Ugrhi 04.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 04 Bacia do Rio Pardo	São Simão	419 a 430 (Folhas 70, 71 e 72)	Córrego do Silvino	Recepção de efluentes agrícolas-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
			Córrego dos Mendes	Recepção de efluentes agrícolas-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas.	Sistema lótico
		430 a 440 (Folhas 72, 73 e 74)	Afluente da margem esquerda do Ribeirão Tamanduá	Recepção de efluentes agrícolas-rodovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos		Água da Cruz	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos	440 a 450 (Folhas 74 e 75)	Córrego Santa Maria	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos		Córrego da Água Vermelha	Recepção de efluentes agrícolas	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos/ Serra Azul		Ribeirão Tamanduá	Recepção de efluentes agrícolas – rodovia e ferrovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos		Córrego Jaboticabal	Recepção de efluentes agrícolas- rodovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico

QUADRO 10.1.7.3.6-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Pardo – Ugrhi 04.

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da Dutovia (km)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 04 Bacia do Rio Pardo	Cravinhos/ Serrana	450 a 459 (Folhas 75, 76 e 77)	Ribeirão Tamandua	Recepção de efluentes agrícolas - ferrovia	Águas doces classe 3 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico
	Cravinhos		Córrego Cravinhos	Recepção de efluentes agrícolas – rodovia e ferrovia	Águas doces classe 2 Dec. 10.755/77	Cargas de origem difusa (efluentes agrícolas) e de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de efluentes agrícolas	Sistema lótico

Área Diretamente Afetada - ADA

Bacia do Rio Pardo

O traçado da dutovia na ADA nessa bacia seguirá por 38,27 km (do km 419 ao km 459), passando pelos municípios de Luiz Antônio, São Simão, Cravinhos e Serrana onde se localiza o terminal Serrana do empreendimento.

Entre o km 419 e 427, a dutovia interceptará a drenagem formadora do ribeirão Tamanduá, com destaque para os córregos Silvinho e dos Mendes no município de São Simão. Entre o km 442 e 450, a dutovia interceptará a drenagem tributária do ribeirão Tamanduá, com destaque para os córregos Santa Maria e Jaboticabal no município de Cravinhos. Ainda no município de Cravinhos (km 453) o empreendimento interceptará o córrego Cravinhos, tributário do ribeirão Tamanduazinho. Ressalta-se que as drenagens interceptadas pelo empreendimento fazem parte da drenagem tributária da margem esquerda do rio Pardo.

No total, estão previstas dez interceptações de drenagens na bacia do Pardo. Conforme **Quadro 10.1.7.3.6-2**, foram inspecionados nove cursos d'água e o terminal Serrana em fevereiro de 2010.

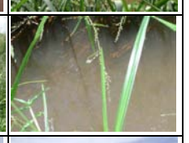
Em geral, as drenagens analisadas apresentam largura variável a partir de 0,5 m, com máximo de 5 m aproximadamente, no córrego Cravinhos, a fluente da margem esquerda do ribeirão Tamanduazinho. Os corpos hídricos são rasos (0,1 a 0,8 m de profundidade) e sistema lótico. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados não possuem obras de arte.

A ocupação do entorno é predominantemente agrícola, cultura de cana-de-açúcar, existindo alguns fragmentos de mata nativa e pastagens. Esse padrão de ocupação, associado à presença de rodovias e ferrovia, faz com que os corpos d'água interceptados pela dutovia apresentem-se com mata ciliar alterada ou inexistente, refletindo na qualidade das águas com grau de turbidez de baixo a moderado e assoreamento elevado embora os resultados de IQA inferidos para a AID terem apresentado média Boa, durante o ano de 2008 (Cetesb, op. citado).

Quanto a outorgas na ADA, não são verificadas captações e lançamentos superficiais, nem mesmo travessias aéreas, barramentos e usos diversos nos corpos d'água interceptados pelo empreendimento. A área do terminal Serrana, com solo recoberto pelo cultivo da cana-de-açúcar, não apresenta drenagem.

No **Quadro 10.1.7.3.6-2**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA.

Quadro 10.1.7.3.6-2 - Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA - UGRHI 4 - Pardo

UGRHI / Bacia	Município	Marcos da Quilometragem da dutovia (km)	Interceptação / Travessia de Drenagem		Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Comunidades Aquáticas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
			km	Curso D'água		N	L												
UGRHI 4 - Pardo	São Simão	419 - 430	420	Córrego do Silvinho	359	7.617.265	23K 225.750	12/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa / SP 330	Não observado	Não observado	Poáceas			
			421	Córrego do Silvinho	360	7.618.001	23k 226.527	12/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa / SP 330	Não observado	Não observado	Cana-de-açúcar			
	Cravinhos	440 - 450	442	Afluente Córrego Santa Maria	362A	7638052	23k 224.022	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas			
			445	Afluente do Ribeirão Tamanduá	364	7.639.010	23k 223.475	13/02/2010	Ensolarado	Drenagem sem córrego ou nascente	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	Não observado	Não observado	Cana-de-açúcar			
			446	Afluente do Ribeirão Tamanduá	365	7.640.390	23k 223.490	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m (larg.) / 0,3m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez baixa / Assoreamento muito elevado	Poáceas e Cyperáceas			
			448	Córrego Jaboticabal	366	7.641.901	23k 223.273	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 3m (larg.) / 0,7m (prof.)	Não há	Inexistente a Perturbada	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana)	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas - *Penisetum*			
			449	Afluente do RibeirãoTamanduá	367	7.643.013	23k 223.557	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 0,5m (larg.) / 0,1m (prof.)	Não há	Inexistente	Pasto / Mata Nativa	Pecuária	Turbidez baixa / Assoreamento muito elevado	Poáceas			
	Cravinhos	450 - 459	453	Córrego dos Cravinhos	368	7.646.685	23k 223.774	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 5m (larg.) / 0,8m (prof.)	Não há	Alterada	Cana / Mata Nativa / Rodovia / Linhão	Agricultura (Cana) / Rodovia	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado	Poáceas , Cyperáceas e Amplo Banco de *Typha angustifolia*			
			458	Afluente do RibeirãoTamanduá	369	7.651.755	23k 223.607	13/02/2010	Ensolarado	Ambiente lótico. Aprox. 1,5m (larg.) / 0,5m (prof.)	Não há	Inexistente	Cana / Mata Nativa	Agricultura (Cana) /Pocilga	Turbidez moderada / Assoreamento elevado	Poáceas e Cyperáceas / Musa			
			459	Terminal Serrana	TERMINAL	7.650.727	23k 224.570	13/02/2010	Ensolarado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado	Cana-de-açúcar			

10.1.7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trecho do empreendimento na Ugrhi 7 – Baixada Santista, a partir da instalação portuária marítima *offshore* (monoboia), as águas apresentam características de ambientes de águas doces, salobras e salinas. Nessa Ugrhi estão previstas interceptações em rios de grande e pequeno porte, considerados, em sua maioria, como águas doces classe 1 pelo Decreto Estadual nº 10.755/77.

A qualidade das águas na Ugrhi 7 é influenciada pelos lançamentos de esgotos de origem doméstica e industrial, além de atividades portuárias. Na região onde está previsto o terminal Guarujá e o trecho *offshore* do empreendimento Projeto Uniduto, essas alterações ambientais são evidenciadas principalmente pelo teor de carbono orgânico nas águas salobras e salinas. Nessa Ugrhi os cursos d'água que drenam a área do Parque Estadual da Serra do Mar tendem a apresentar melhor qualidade devido à presença de remanescentes de vegetação preservados.

A partir do km 61, o traçado do empreendimento passa a transpor drenagens da Ugrhi 6 - Alto Tietê. Essa unidade abrange a Região Metropolitana de São Paulo, na qual os cursos d'água são em geral canalizados e receptores de cargas muito elevadas de poluição. As drenagens interceptadas pela dutovia são, em sua maioria, águas doces classes 1 e 2, compostas por rios de médio e grande portes.

De acordo com os resultados do monitoramento da Cetesb, a qualidade das águas do rio Tietê, principal corpo d'água da Ugrhi 6, e dos seus afluentes, estão comprometidas devido especialmente aos lançamentos de esgotos sanitários "*in natura*".

Na Ugrhi 5 - Piracicaba, Capivari, Jundiaí, o empreendimento está compreendido em parte na zona rural, cujo uso do solo é voltado às práticas agrícolas, especialmente ao cultivo de extensas áreas de cana-de-açúcar. A mata ciliar encontra-se alterada ou inexistente, o que resulta em assoreamento dos corpos hídricos. Ao passar pelas áreas urbanas, evidencia-se ainda o aporte adicional de esgotos domésticos, resultando em águas eutrofizadas, com níveis acentuados de nutrientes (nitrogênio e fósforo). Nessa Ugrhi estão previstas interceptações em rios de médio e grande porte, em sua maioria de águas doces classes 1 e 2.

Na Ugrhi 9 – Mogi Guaçu, correspondente ao trecho Serrana-Santa Bárbara, a dutovia transpõe, em geral, rios de médio porte, com águas classe 2, com águas de melhor qualidade quando comparadas às regiões que apresentam maior nível de urbanização.

O percurso do empreendimento na Ugrhi 10 - Sorocaba e Médio Tietê, projetado desde o km 459 até o km 537, interceptará cursos d'água de médio e grande porte, predominantemente de classe 2. Destaca-se nessa Ugrhi a represa de Barra Bonita, principal corpo lêntico da região, onde está previsto o terminal Anhembi e o porto fluvial no braço do rio Tietê (município de Anhembi). O reservatório de Barra Bonita é suscetível à poluição e ao assoreamento resultante da intensa atividade agrícola e industrial que ocorre nessa região, associada ao cultivo de cana-de-açúcar, além de esgotos domésticos lançados pontualmente pelas cidades de Barra Bonita e Igaraçu do Tietê, situadas nas suas margens.

A Ugrhi 4 - Pardo apresenta em geral águas de boa qualidade, conforme revelam os dados de monitoramento da Cetesb. Nessa Ugrhi estão previstas interceptações em rios de baixo e médio porte, na maioria de águas doces classe 2.

10.1.8 QUALIDADE DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS – PONTOS DE COLETAS DE DADOS PRIMÁRIOS

Nesse capítulo será apresentada a caracterização da qualidade das águas e dos sedimentos nos corpos d'água nos quais foram feitas coletas de dados primários, quais sejam:

- trecho *offshore* do empreendimento - região marinha onde estão localizados o trecho subaquático da dutovia e a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia);
- rio Icanhema, localizado ao lado do terminal Guarujá; e
- rio Tietê (município de Anhembi), onde será instalado o porto fluvial do empreendimento Projeto Uniduto, ao lado do terminal Anhembi.

Os corpos d'água nos quais foi realizada a coleta de dados primários foram definidos de acordo com os critérios apresentados no Capítulo 4-Abordagem Metodológica Geral (especificamente no item 4.7.1-Critérios utilizados para a definição de coleta de dados primários em corpos d'água). Os resultados são apresentados a seguir, nos itens 10.1.8.1. rio Icanhema e trecho *offshore* e 10.1.8.2. rio Tietê (municípoio de Anhembi).

10.1.8.1 RIO ICANHEMA E TRECHO OFFSHORE

O trabalho de avaliação da qualidade das águas e dos sedimentos no rio Icanhema e no trecho *offshore* do empreendimento foi pautado com uma campanha de campo realizada em janeiro de 2010.

Destaca-se a princípio que as águas do rio Icanhema localizado no entorno do terminal Guarujá são classificadas como salobras e enquadradas como classe 1. As águas onde se insere a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) e o trecho subaquático da dutovia são classificadas como salinas e enquadradas como classe 1, conforme o Decreto Estadual 10.755/77 e a Resolução Conama nº 357/2005.

Para avaliar a qualidade do ambiente marinho onde está projetado o trecho *offshore* do empreendimento Projeto Uniduto, foram consultados os resultados das campanhas de monitoramento de qualidade da água e de sedimentos realizadas nos anos de 2009 e 2010 pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – Codesp (Codesp/DTA Engenharia 2009 e 2010) na área de disposição oceânica de material dragado do Porto de Santos, localizada na porção oeste do traçado previsto para a monoboia.

No ano de 2009, as análises das águas superficiais revelaram valores elevados de fósforo total e de carbono orgânico total, acima do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 para águas salinas classe 1, o que revela o aporte de compostos orgânicos e de nutrientes a essa região. Nos sedimentos, foram registradas concentrações elevadas de arsênio, provavelmente resultantes de atividades industriais desenvolvidas em Cubatão e que tendem a se acumular nos canais de navegação (CODESP,2009).

Comparando-se os dados obtidos no monitoramento realizado em janeiro de 2010, época em que foi desenvolvida a campanha para coleta de amostras no trecho *offshore*, observou-se nessa região águas superficiais com pH alcalino e altos níveis de fósforo total em algumas amostras. Contudo, nas águas de fundo, registraram-se concentrações de carbono orgânico total inferiores às médias históricas obtidas ao longo dos monitoramentos anteriormente realizados pela Codesp. (CODESP, 2010).

É importante ressaltar que, de acordo com o 1° Decreto 53.526/2008, o trecho *offshore* está inserido na APA Marinha do Litoral Centro, o que indica usos mais restritos dos recursos naturais. Tais fatores contribuem para a manutenção da qualidade das águas.

A seguir, são descritos o método adotado no presente estudo para análise da qualidade das águas e dos sedimentos, os resultados obtidos, além de uma síntese sobre as questões relevantes verificadas em cada ponto de amostragem.

10.1.8.1.1 Método de Trabalho

As atividades de campo no rio Icanhema e no trecho *offshore* foram realizadas após uma etapa de planejamento, onde se definiu a rede de amostragem**,** o método de coleta e preservação das amostras de água e sedimento e as variáveis a serem analisadas.

Rede de Amostragem

A rede amostral foi concebida a partir do projeto de localização da dutovia, de modo a caracterizar os sistemas hídricos passíveis de sofrerem eventuais impactos nas etapas de implantação e operação do empreendimento.

Foi estabelecido um total de seis pontos de amostragem, denominados B1 a B6. O ponto B1 está posicionado no rio Icanhema, nas imediações do terminal Guarujá em zona estuarina. Os demais pontos situam-se em ambiente marinho, entre a ponta do Munduba e a ponta Rasa, sendo que o ponto B2 localiza-se na zona intermarés da praia do Guaiúba, e os pontos B3, B4, B5 e B6 na zona sublitorânea externa, segundo representação esquemática das **Figuras 10.1.8.1.1-1** e **Figura 10.1.8.1.1-2**.

As águas do rio Icanhema são definidas como salobras classe 1. As águas onde se insere a instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) e o trecho subaquático da dutovia são consideradas salinas classe 1, conforme Decreto Estadual 10.755/77 e a Resolução Conama 357/05.

O ponto B6 está posicionado junto à instalação portuária marítima *offshore* do empreendimento, a cerca de 2,5 km da ponta do Munduba, conforme apresentado a seguir na **Figura 10.1.8.1.1-1**. Válido ressaltar que para a amostragem de águas e sedimentos utilizou-se a mesma rede amostral definida para a coleta de invertebrados bentônicos (item 10.2.3.2. Invertebrados bentônicos). As análises de sedimentos foram direcionadas à granulometria e à concentração de nutrientes (carbono orgânico total, nitrogênio Kjeldahl e fósforo total) tendo em vista avaliar as condições ecológicas onde foram tomadas as amostras de organismos bentônicos. Os resultados de qualidade da água foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução Conama 357/05, enquanto que as amostras de sedimentos foram avaliadas à luz da Resolução Conama 344/04.

QUADRO 10.1.8.1.1-1: Rede de Amostragem de Qualidade da Água e dos Sedimentos - rio Icanhema e Trecho *offshore*

Pontos	Localização	Coordenadas UTM 23K UTM (SAD 69)	
		X	Y
B1	rio Icanhema	0367639	7345226
B2	zona intermarés da praia do Guaiúba	368597	7342993
B3	zona sublitorânea externa	0367908	7342979
B4	zona sublitorânea externa	0366795	7341072
B5	zona sublitorânea externa	0368741	7340196
B6	zona sublitorânea externa	0369470	7337655

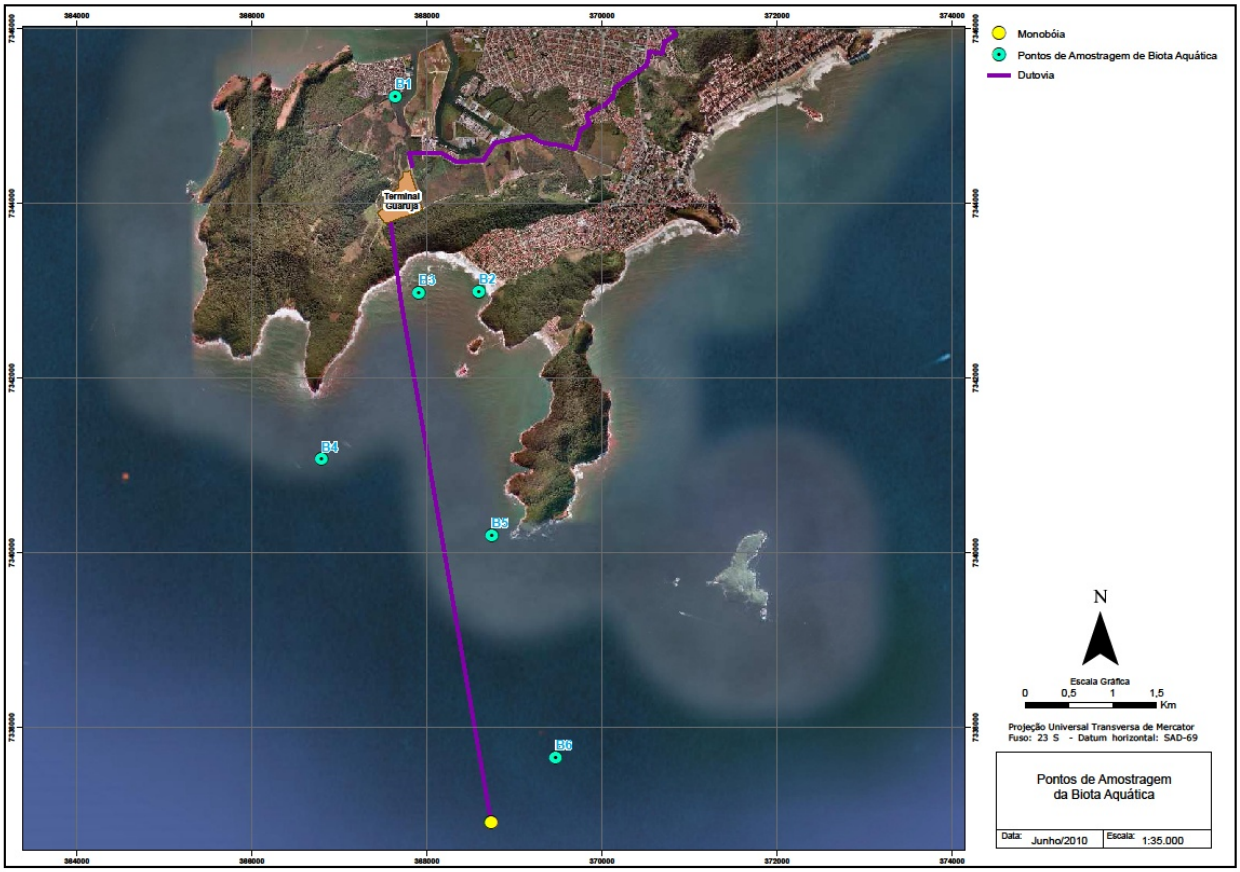


FIGURA 10.1.8.1.1-1: Localização dos pontos de coleta de dados primários, da instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) e do trecho subaquático da dutovia sobre aerofoto da ponta do Munduba, no município de Guarujá.

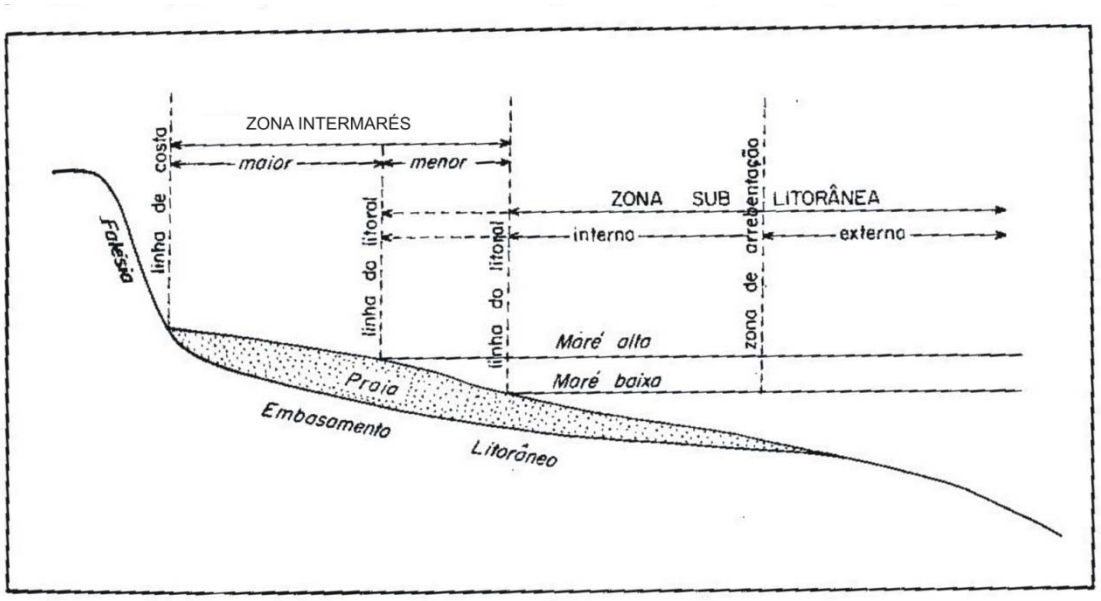


FIGURA 10.1.8.1.1-2: Perfil praial e as zonas de amostragem no ambiente marinho

A localização dos pontos de coleta de dados primários no rio Icanhema e no trecho *offshore* também estão apresentado no Mapa de Hidrografia e de Qualidade das Águas Superficiais (**Anexo 17.V-2**).

Caracterização dos Pontos de Amostragem

A caracterização dos pontos de amostragem foi realizada durante as coletas de água e sedimentos como de observações de caráter geral, incluindo data e horário da coleta, condições predominantes do tempo, profundidade aproximada do corpo d'água e medições diretas de variáveis físico-químicas da água na superfície e no fundo (sonda multiparâmetros).

Foram registrados também o estágio de preservação da mata de encosta e das ocupações do entorno, os usos das águas além do registro fotográfico, de acordo com a descrição a seguir e o **Quadro 10.1.8.1.2-1**.

PONTO B1 – RIO ICANHEMA

O ponto de amostragem B1 localiza-se no rio Icanhema, que tem sua foz junto ao canal do porto (**Fotos 10.1.8.1.1-1** e **10.1.8.1.1-2**). Esse curso d'água apresenta em sua margem direita manguezal alterado enquanto, na margem esquerda, constata-se a presença de área ocupada pela comunidade Santa Cruz dos Navegantes. Entre as edificações da comunidade são encontrados barcos pesqueiros de pequeno porte. No entorno, constata-se ainda a existência de marinas e clubes náuticos.

O rio Icanhema, no ponto de amostragem, apresenta largura aproximada de 40 m e profundidade de 2 m. As águas foram caracterizadas como ligeiramente turvas, apresentando detritos vegetais advindos do manguezal.

Sob o aspecto natural, o rio Icanhema apresenta na porção da nascente leito constituído de material grosseiro, o que resulta em águas mais claras. Ao atingirem a planície, a coloração torna-se escura em função de produtos orgânicos provenientes dos manguezais, acentuando-se na presença de compostos de ferro.

A pequena vazão que caracteriza o trecho superior desse rio em geral é insuficiente para promover a autodepuração da matéria orgânica introduzida através de esgotos domésticos gerados nas áreas urbanas, especialmente em épocas de temporada, quando é maior o fluxo populacional no município.

Nesse caso, predominam nas águas os processos anaeróbios de decomposição, que são mais acentuados nas imediações dos canais de drenagem, onde é frequente a exalação de odor, sobretudo nos dias de calor intenso. Na ausência de oxigênio, os compostos orgânicos nitrogenados tendem a permanecer na forma amoniacal, podendo ocasionar problemas de toxicidade à fauna aquática.

Um dos principais problemas decorrentes do fluxo de esgotos domésticos refere-se ao comprometimento sanitário de suas águas, devido ao aporte de matéria fecal. As consequências são mais evidentes no entorno das palafitas, cuja população está fortemente sujeita a contrair doenças de veiculação hídrica como hepatite, verminoses e diarréias.

Partindo do canal do estuário em direção às nascentes, nota-se que a influência das marés se estende praticamente por toda a faixa de planície do rio Icanhema, dando suporte ao desenvolvimento do manguezal.

Os mangues atuam como amortizadores da ação das marés e servem de anteparo aos sedimentos mais finos carreados pelos rios, como silte e argilas, restringindo seu alcance no estuário. Por sua vez, nos ciclos de enchente, as marés podem transportar para os rios diversos compostos químicos presentes no canal estuarino. De um modo geral, baías e estuários constituem eficientes barreiras geoquímicas naturais para fluxos provenientes do continente, principalmente quando essas feições geográficas associam áreas de mangues.

O encontro das águas doces e salinas e a redução da velocidade de correnteza das águas favorecem a sedimentação de partículas orgânicas e inorgânicas, formando nos manguezais espessa camada de lodo, de alto potencial redutor. Predominam, então, na região mais profunda, as atividades biológicas anaeróbias, resultando em subprodutos gasosos, como os sulfetos, que favorecem a precipitação de metais.

Os sedimentos podem, em consequência, apresentar um importante papel na fixação de compostos contaminantes, os quais podem ser liberados novamente para a coluna d'água por mecanismos de ressuspensão do substrato e modificações físico-químicas ambientais, como pH, potencial redox, ao potencial iônico e a complexos orgânicos.

Segundo estudo desenvolvido pela Unisanta (2008) sobretudo à hidrodinâmica do estuário onde se insere o rio Icanhema, a circulação e a agitação marinha na região são os maiores responsáveis pelo transporte de sedimentos.

Durante a maré enchente, a velocidade das águas no rio Icanhema é bastante reduzida. Na maré vazante, as velocidades em geral são mais pronunciadas nesses mesmos locais, podendo ser superiores a 1,0 m/s no centro do canal, nas proximidades do Porto de Santos.



FOTO 10.1.8.1.1-1: Comunidade Santa Cruz dos navengantes, situada na margem esquerda do rio Icanhema



FOTO 10.1.8.1.1-2: Área de manguezal presente na margem direita do rio Icanhema

PONTO B2 – ZONA INTERMARÉS DA PRAIA DO GUAIÚBA

O ponto de amostragem B2 localiza-se a cerca de 200 m da linha de praia do Guaiúba, na zona intermarés. Trata-se de local utilizado para lazer e recreação.

No entorno, justaposta à faixa arenosa, desenvolve-se área urbanizada com a presença de infra-estrutura básica. As elevações que delimitam a praia do Guaiúba exibem mata que se encontra preservada no morro da Barra e alterada no morro do Munduba (**Fotos 10.1.8.1.1-3** e **10.1.8.1.1-4**).

O local de amostragem apresentou profundidade de 7,7 m e águas ligeiramente turvas. De acordo com o relatório anual da Cetesb, Qualidade das Águas Litorâneas do Estado de São Paulo (2009), a praia do Guaiúba foi classificada como regular quanto à balneabilidade.



FOTO 10.1.8.1.1-3: Morro da Barra junto à praia do Guaiúba



FOTO 10.1.8.1.1-4: Morro do Munduba junto à praia do Guaiúba

PONTO B3 – ZONA SUBLITORÂNEA EXTERNA

O ponto de amostragem B3 localiza-se a cerca de 600 m da linha de praia do Guaiúba, na zona sublitorânea externa. Trata-se um local utilizado para lazer e recreação.

Conforme citado anteriormente, no entorno, justaposta à faixa arenosa, desenvolve-se área urbanizada com a presença de infra-estrutura básica, com as elevações que delimitam a praia do Guaiúba exibindo mata preservada no morro da Barra e alterada no morro do Munduba. (**Fotos 10.1.8.1.1-5 e 10.1.8.1.1-6**).

O local amostrado atinge 10 metros de profundidade e apresentou durante as coletas águas ligeiramente turvas.



FOTO 10.1.8.1.1-5: Mata de encosta no morro da Barra nas proximidades do ponto de amostragem B3



FOTO 10.1.8.1.1-6: Faixa arenosa ao lado do morro da Barra, nas proximidades do ponto de amostragem

PONTO B4 – ZONA SUBLITORÂNEA EXTERNA

O ponto de amostragem B4 localiza-se a cerca de 3 km da linha de praia do Guaiúba e a 400 m da ponta do Munduba, inserindo-se na zona sublitorânea externa. Trata-se de local utilizado para a prática da pesca (**Fotos 10.1.8.1.1-7** e **10.1.8.1.1-8**).

O ponto de amostragem apresenta 15 m de profundidade com águas turvas.



FOTO 10.1.8.1.1-7: Área de pesca nas proximidades do ponto B4



FOTO 10.1.8.1.1-8: Vista para o morro do Forte dos Andradas, próximo ao local de amostragem

PONTO B5 – ZONA SUBLITORÂNEA EXTERNA, PRÓXIMO À PONTA DO MUNDUBA

O ponto de amostragem B5 localiza-se a cerca de 350 m da ponta do Munduba, em zona sublitorânea externa, onde a profundidade atinge 19 m (**Fotos 10.1.8.1.1-9** e **10.1.8.1.1-10**). Trata-se de local utilizado para a prática da pesca.

Durante as coletas, os sedimentos apresentaram coloração escura, exalando odor de matéria orgânica em decomposição.



FOTO 10.1.8.1.1-9: Vista da ponta do Munduba



FOTO 10.1.8.1.1-10: Mata de encosta da ponta do Munduba

PONTO B6 – ZONA SUBLITORÂNEA EXTERNA, POSICIONADO JUNTAMENTE À INSTALAÇÃO PORTUÁRIA MARÍTIMA *OFFSHORE* (MONOBOIA)

O ponto de amostragem PTG 6 localiza-se a cerca de 2,6 km da ponta do Munduba e a 2,6 km da ilha da Moela, na zona sublitorânea externa, próximo ao atual ponto de descarte de materiais dragados no porto de Santos. Constata-se neste ponto a presença de navios de carga e de passageiros (**Foto 10.1.8.1.1-11**).

Neste ponto, a profundidade atinge 23 m e os sedimentos, durante a coleta apresentavam coloração escura, exalando odor de matéria orgânica em decomposição.



FOTO 10.1.8.1.1-11: Vista a partir do ponto da instalação portuária marítima *offshore* (monoboia) para a enseada do Guaiúba

Método de coleta e preservação das amostras

A campanha de amostragem foi realizada juntamente com a coleta de invertebrados bentônicos. O ponto do rio Icanahema foi amostrado no dia 12 de janeiro (nível de maré igual a 0,1 metros) e os pontos relacionados ao trecho *offshore* foram amostrados no dia 28 de janeiro de 2010 (nível de maré 0,4 metros). O acesso aos pontos amostrais foi feito por meio de barco a partir do núcleo urbano da cidade de Santos, SP.

Em cada ponto de coleta, foram obtidas amostras de água com frascos mergulhados na superfície, no meio e no fundo, visando às análises físicas, químicas, bacteriológicas e toxicológicas. No ponto B1, obteve-se amostra de água apenas na superfície, em função da pequena profundidade do local no rio Icanhema.

As alíquotas foram transferidas para frascos específicos, sendo devidamente preservadas conforme padrões estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 23ª edição (Apha et al. 2005).

Em seguida, os frascos foram acondicionados em caixas isotérmicas com gelo e mantidos sob refrigeração durante o período de transporte até o laboratório em São Paulo, no qual se verificou a integridade das embalagens e das condições de armazenamento. Posteriormente, as amostras foram registradas em sistema computadorizado, codificadas e, quando aplicável, mantidas em câmara frigorífica a 4-10º C.

Para as análises de clorofila-a/feofitina e metais dissolvidos, as amostras foram filtradas até 24h após a coleta, em filtro Millipore específico. Para os testes de toxicidade crônica com ouriço do mar, as alíquotas de cada amostra foram congeladas a 20ºC negativos e mantidas nessa condição até início do teste.

A coleta de sedimentos foi realizada em toda a rede amostral com auxílio de draga do tipo Van-Veen com área de 800 cm^2. Após a coleta, o material dragado foi acondicionado em frascos plásticos e armazenado em caixas térmicas com temperatura inferior a 4º C, ao abrigo de luz durante todo transporte ao laboratório, mantendo-se sob congelamento até o início das análises.

Variáveis Analisadas

ÁGUAS DE SUPERFÍCIE, MEIO E FUNDO

Com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas do rio Icanhema e do trecho *offshore*, foi analisado o conjunto de variáveis usualmente empregadas nesses tipos de estudos com base na listagem de parâmetros definida pela Resolução Conama 357/2005 para águas salinas e salobras classe 1.

Foram também analisadas, em todos os pontos de coleta, variáveis orgânicas mais prováveis de serem detectadas, com base em estudos realizados na região, abrangendo compostos orgânicos voláteis (BETX), semi-voláteis (fenóis totais e PAHs), PCBs e surfactantes aniônicos.

De acordo com o estabelecido pela Resolução Conama 357/2005, nas águas salinas e salobras classe 1, não poderá ser verificado efeito tóxico crônico aos organismos. Desse modo, foram realizados testes de toxicidade crônica nas amostras de água dos pontos B1 a B6, utilizando-se o organismo-teste *Lytechinus variegatus* para todas as amostras, adotado como padrão pelo órgão ambiental no Estado de São Paulo.

Esse teste visa determinar a toxicidade crônica das amostras com base no desenvolvimento embrio-larval e/ou anomalias em ovos e larvas. Após o período de 24 a 28 horas, os ovos recém fecundados devem se desenvolver até o estágio de larva pluteus, a menos que a substância teste exerça efeitos tóxicos durante esse período de exposição.

Todas as análises realizadas estiveram a cargo do laboratório CORPLAB BRASIL, credenciado pelo Inmetro. Os laudos analíticos são apresentados anexos, incluindo relatório técnico específico do teste de toxicidade crônica, assim como os quadros com a listagem das variáveis selecionadas e os respectivos métodos analíticos adotados e limites de detecção (**Anexo 17.XII-2.1** – Laudos Laboratoriais).

Nos **Quadros 10.1.8.1-2** e **10.1.8.1-3** são apresentadas as variáveis selecionadas, incluindo os métodos analíticos adotados e os respectivos limites de detecção. (**Anexo 17.XII-2.3)**

SEDIMENTOS

Com o objetivo de caracterizar os sedimentos do rio Icanhema e do trecho *offshore*, foram analisadas a granulometria e as concentrações de carbono orgânico total, de nitrogênio Kjeldahl e de fósforo total, nutrientes que constam da Resolução Conama 344/04 para materiais a serem dragados em águas jurisdicionais brasileiras.

Para análises químicas dos sedimentos foram adotados métodos descritos nos protocolos da *United States Environmental Protection Agency* (EPA) e *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM), sintetizadas no **Quadro 10.1.8.1-4** do **Anexo 17.XII-2.3**, incluindo também os respectivos limites de quantificação.

Quanto à análise de distribuição granulométrica, foram utilizadas sete peneiras com aberturas de diâmetros entre 2000 mm e 0,063 mm, por um período de 30 minutos de peneiramento. A análise de distribuição granulométrica de massa, segundo intervalos definidos pela escala de Wentworth, é realizada de acordo com os procedimentos descritos na Norma NBR 6502/95.

10.1.8.1.2 Resultados Obtidos

Observações Gerais de Campo

Na tabela a seguir, são sintetizadas as informações obtidas em campo por meio de medições diretas durante os levantamentos realizados nos dias 12 e 28 de janeiro de 2010. Nos dias de coleta, o tempo encontrava-se predominantemente nublado, sem chuvas nas últimas 24 horas.

QUADRO 10.1.8.1.2-1: Síntese dos Registros de Campo – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

Dados de Campo	B 1	B2	B 3	B 4	B 5	B 6
Data de Coleta	12/1/2010	28/1/2010	28/1/2010	28/1/2010	28/1/2010	28/1/2010
Horário de Coleta	19h15	12h08	11h15	09h10	09h35	10h00
Nível da maré	0,1 m	0,4 m	0,4 m	0,4 m	0,4 m	0,4 m
Condições Climáticas	Boa	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado
Chuvas nas Últimas 24 horas	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Profundidade do Corpo D`Água	2 m	7,7 m	10 m	15 m	19 m	23 m

Análise da qualidade das águas de superfície, meio e fundo

Os resultados das análises físicas, químicas e bacteriológicas realizadas em amostras de águas obtidas na superfície, no meio e no fundo são apresentados nos **Quadros 10.1.8.1.2-2 e 10.1.8.1.2-3** do **Anexo 17.XII-2.5** – Resultados das análises – Guarujá. Já nos **Quadros 10.1.8.1.2-4** e **10.1.8.1.2-5** do mesmo anexo, são apresentados os resultados das análises físico – químicas mensurados diretamente na coluna d'água.

Nos **Quadros 10.1.8.1.2-6, 10.1.8.1.2-7** e **10.1.8.1.2-8** do **Anexo 17.XII-2.5** – Resultados das análises – Guarujá são descritos os resultados das variáveis orgânicas e nos **Quadros 10.1.8.1.2-9** e **10.1.8.1.2-10** do **Anexo 17.XII-2.5** – Resultados das análises – Guarujá são descritos os resultados dos testes de toxicidade crônica.

Os dados destacados em vermelho referem-se às concentrações que ultrapassaram os limites dos Valores Máximos Admissíveis (V.M.A.) estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras Classe 1.

A seguir apresenta-se para cada variável a análise geral dos resultados estabelecendo-se por meio de representação gráfica uma comparação entre os pontos de coleta situados no rio Icanhema) e no trecho *offshore* do empreendimento.

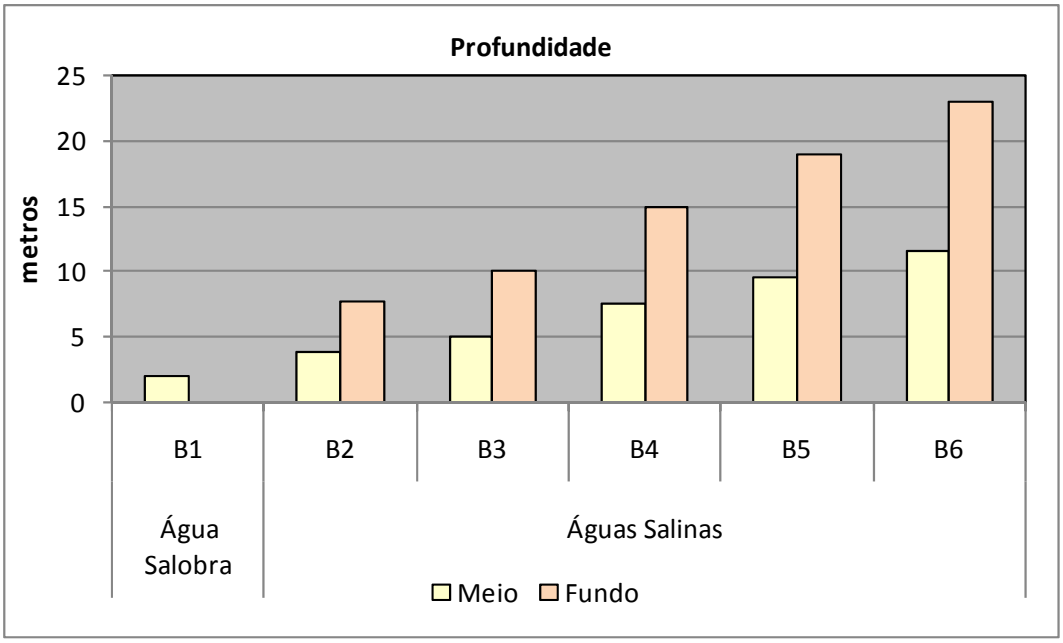
Foram indicados nos gráficos os Valores Máximos Admissíveis (V.M.A.) definidos pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (linhas tracejadas).

a) Variáveis Físicas

- Profundidade

  Os pontos selecionados apresentaram variação de profundidade em função de seus posicionamentos na zona costeira (**Gráfico 10.1.8.1.2-1**). A maior profundidade foi verificada no ponto de amostragem B6, que mais distancia-se do futuro terminal Guarujá.

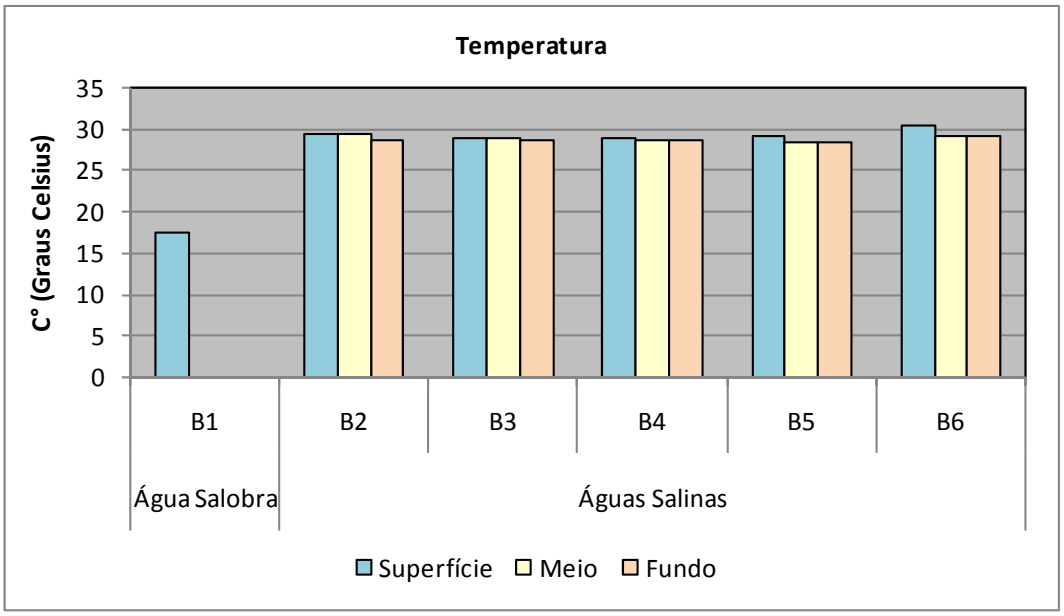
GRÁFICO 10.1.8.1.2-1: Profundidade – rio Icanhema (B1) e Trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Temperatura

  A temperatura das águas salinas variou entre 28,53 e 29,5 ° C no fundo e entre 28,7 e 30,5° C na superfície. No ponto de amostragem B1 (rio Icanhema), a água apresentou temperatura igual a 17,7° C.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-2: Temperatura das Águas na Superfície e no Fundo – rio Icanhema e trecho *offshore* (Jan/10)



- Cor Verdadeira

  A cor verdadeira da água deve-se à presença de substâncias em solução, geralmente resultantes da decomposição de restos vegetais tais como ácidos fúlvicos e húmicos, os quais conferem aos cursos d'água uma coloração amarelada a marrom, assumindo tonalidade mais escura na presença de compostos de ferro.

  A introdução de despejos domésticos ou industriais e a ressuspensão dos sedimentos podem afetar as propriedades óticas do corpo d'água através do aumento da cor e da turbidez.

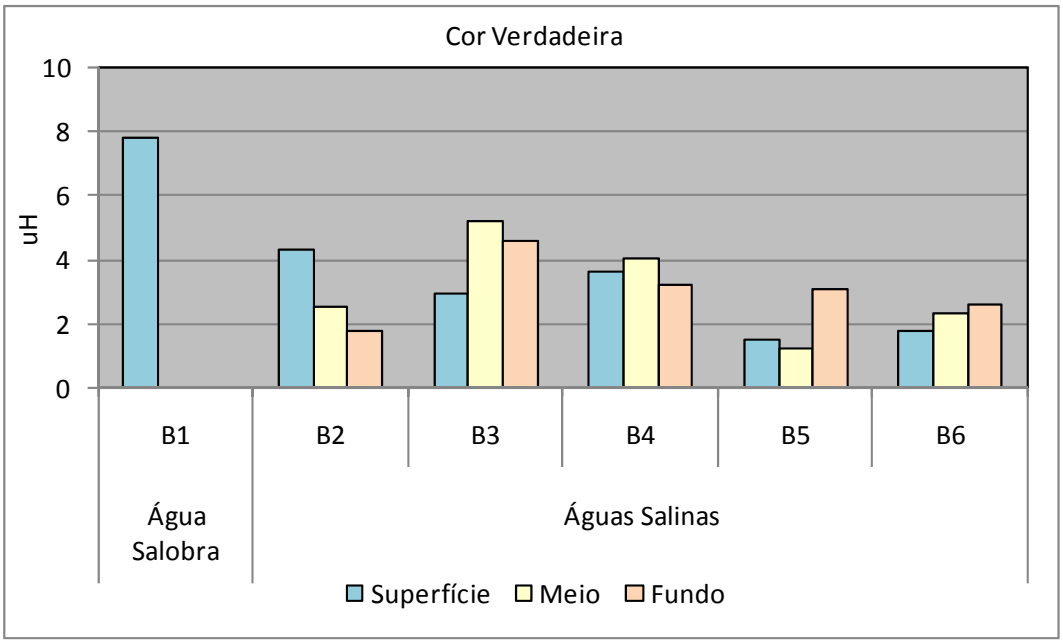
  Na superfície das águas salinas, a cor verdadeira variou entre 1,5 (B5) e 4,3 uH (Unidades Hazen) (B2). No meio da coluna d`água, obteve-se o menor valor no ponto B5 (1,2 uH), sendo obtido o maior valor de cor verdadeira no ponto B3 (5,2 uH).

  No fundo, a cor verdadeira variou entre 1, 6 (B3) e 3,2 uH (B4), fator que pode estar relacionado à profundidade e à bioturbação no momento da coleta.

  No rio Icanhema, a superfície da água no ponto B1 apresentou cor verdadeira igual a 7,8 uH, o que pode estar relacionado aos sedimentos provenientes das áreas de manguezal e do canal do porto.

  A Resolução Conama 357/05 não determina valor máximo de cor verdadeira para águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-3: Cor Verdadeira das Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Turbidez

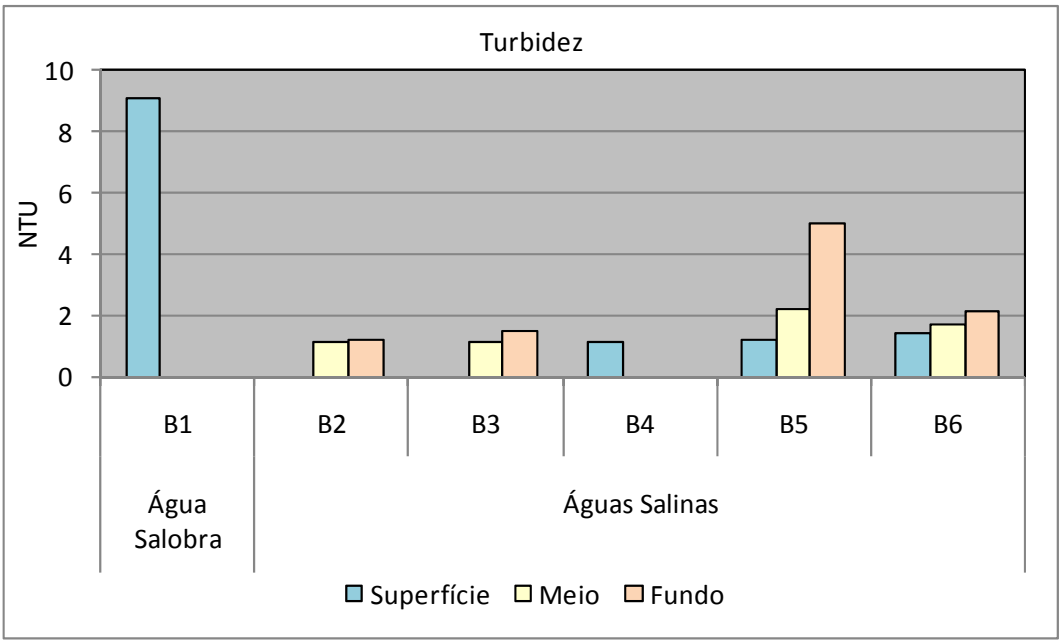
  A turbidez é a capacidade da água em dispersar luz em função das partículas em suspensão (silte, argila, microrganismos).

  O ponto de amostragem B1 apresentou turbidez igual a 81 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), o que pode estar relacionado aos sedimentos provenientes das áreas de manguezal e às embarcações presentes no local, além dos possíveis efluentes da área urbana presente na margem esquerda do rio, que podem ser despejados no corpo hídrico.

  Nos demais pontos de amostragem, a turbidez variou de 0 a 1,3 UNT no fundo e de 0 a 2,3 UNT na superfície da água.

  A legislação vigente não estabelece um limite para esse parâmetro quanto às águas salinas e salobras de classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-4: Turbidez das Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Condutividade

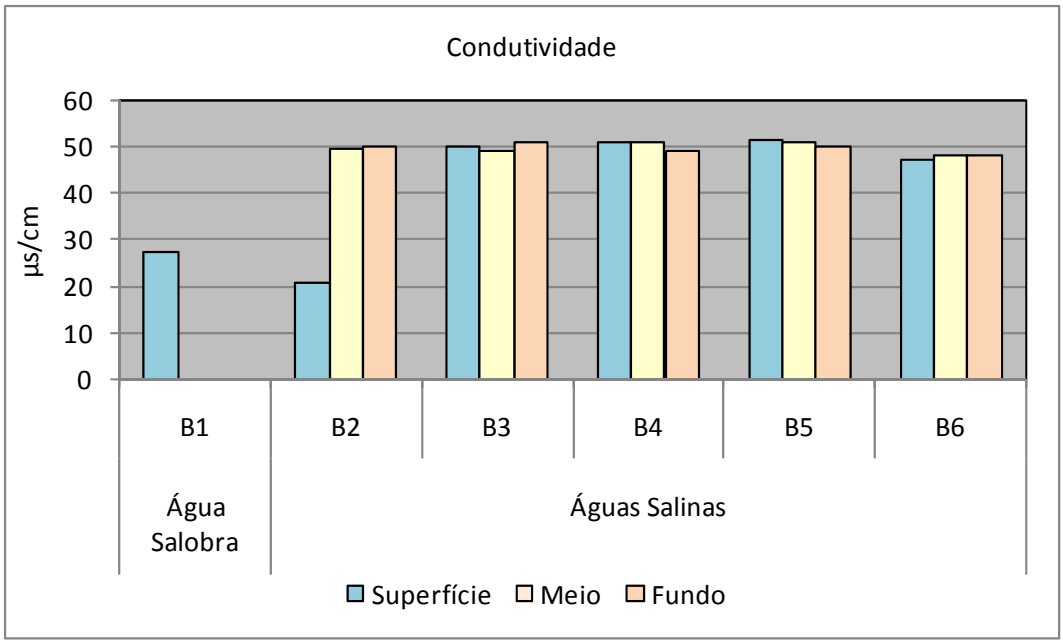
  A condutividade é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica em função da concentração de íons presentes, como por exemplo cloretos, sendo influenciada pela temperatura e pH (Potencial Hidrogeniônico).

  Nas águas salinas, a condutividade variou entre 48,2 (B6) e 51,4 µs/cm (B5) no fundo e entre 47,4 (B6) e 50,1 µs/cm (B3) na superfície.

  O ponto de amostragem B1 apresentou valor de condutividade igual a 27,4 µs/cm, por se tratar de ambiente com influências de água doce e salina e assim apresentar menores concentrações de íons em relação aos demais ambientes marinhos.

  A Resolução Conama 357/05 não estabelece limite para esse parâmetro quanto às águas salobras e salinas de classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-5: Condutividade das Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



b) Variáveis Químicas

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

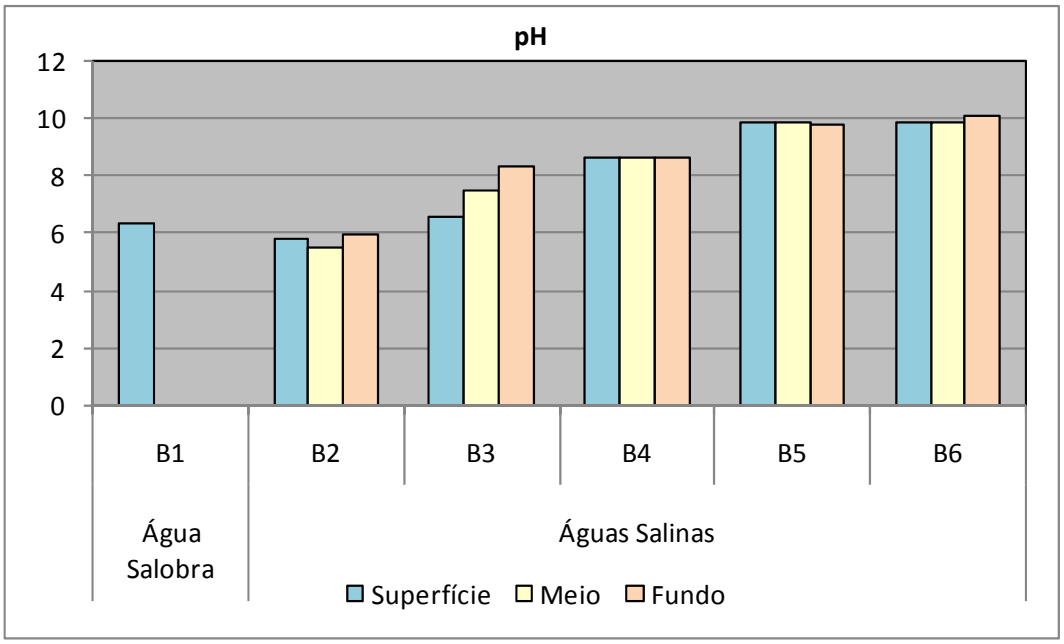
  O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra. Sua influência nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente ou indiretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e da toxicidade de compostos diversos. Em meio ácido, os metais pesados tendem a apresentar maior biodisponibilidade, aumentando seu nível de toxicidade.

  O ponto B2 (água salina) apresentou água levemente ácida, com pH inferior ao permitido pela Resolução Conama 357/05, que estabelece valores entre 6,5 e 8,5 para águas salinas classe 1.

  Os pontos de amostragem B4, B5 e B6 apresentaram-se levemente alcalinos, com pH aima de 8,5, estando apenas em consonância com a legislação vigente o ponto de amostragem B3.

  A água do ponto B1 (rio Icanhema) demonstrou-se levemente ácida, apresentando valor inferior ao estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (6,31).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-6: pH das Águas de Superfície e Fundo – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Salinidade

  A salinidade é a medida de concentração de sais dissolvidos na água, principalmente dos cátions sódio, cálcio, magnésio, potássio e os ânions cloretos, sulfatos e bicarbonatos.

  Os íons de magnésio, sódio, potássio e cloreto são conservativos, tanto em relação a reatividade química quanto a pequena demanda biológica, sendo que sua distribuição espacial e temporal praticamente independe da dinâmica biológica do ambiente. Ao contrário, a concentração de cálcio, carbono inorgânico e sulfato é fortemente influenciada pelo metabolismo de microrganismos.

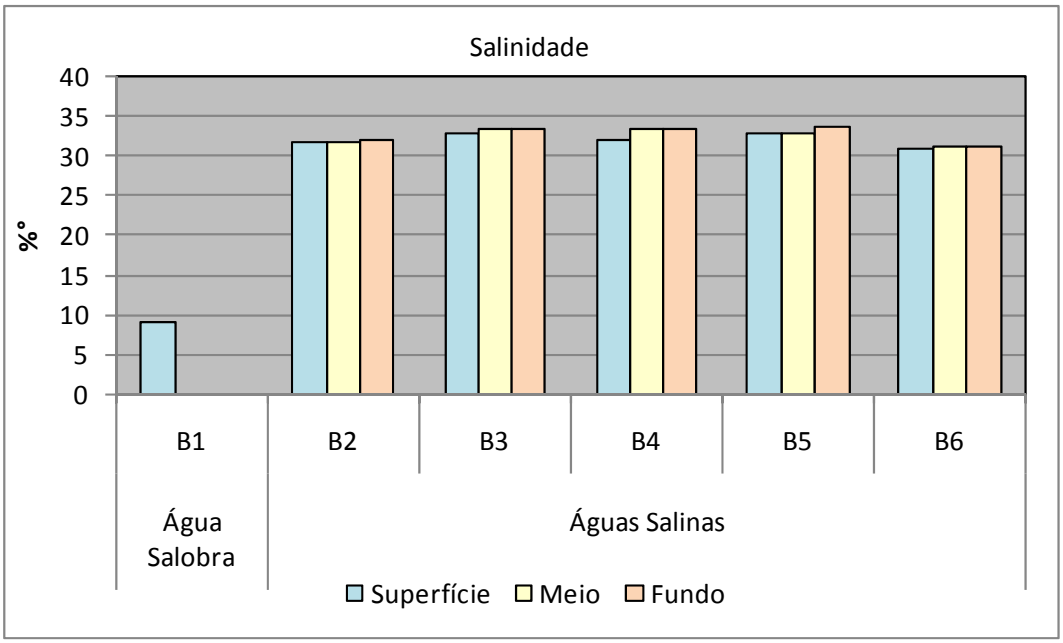
  A elevação no teor de salinidade tende a aumentar a taxa de transferência de matéria orgânica dissolvida da água para o sedimento que, na forma particulada, pode adsorver compostos químicos hidrofóbicos.

  Os valores de salinidade das águas salinas variaram entre 31,1 (B6) e 33, 6 %° (B5) no fundo e entre 31,7 (B2) e 32,4 %° (B5), valores usualmente obtidos em ambientes marinhos.

  O ponto B1 (águas salobras) apresentou menor valor de salinidade (9,2%°) por estar sob influência do estuário.

  Os resultados estão dentro do limite estabelecido pela Resolução Conama 274 de 2000, que determina para águas salinas salinidade igual ou superior a 30%º e para águas salobras, salinidade entre 0,50 e 30%º.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-7: Salinidade das Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

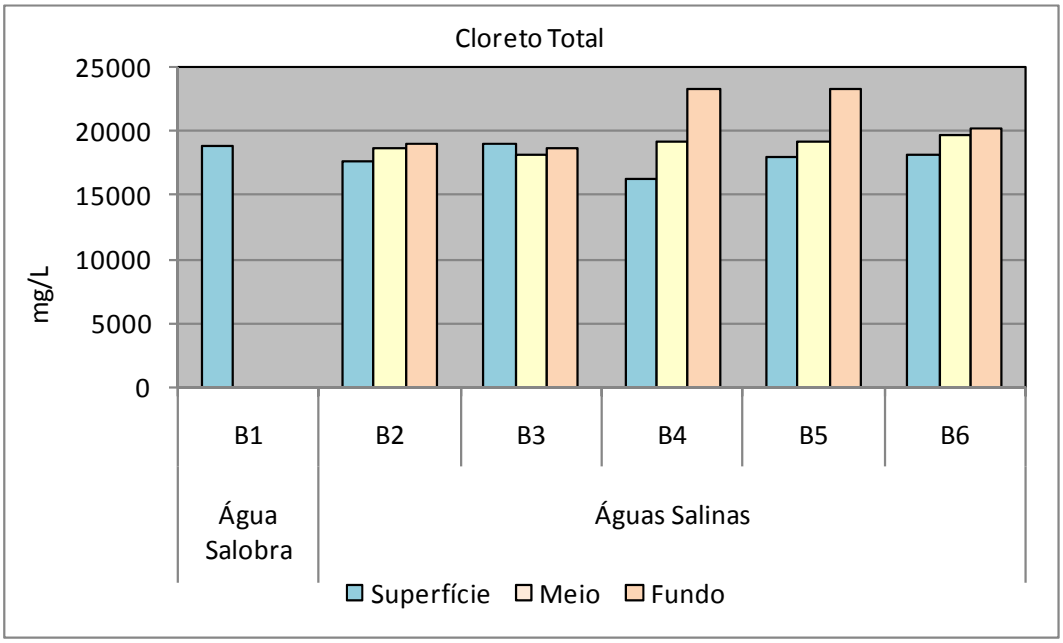


- Cloreto Total

Observou-se nas águas salinas altos valores de cloreto total, íon abundante em ambientes marinhos, com os valores oscilando entre 16.222 (B4) e 18.958 mg/L (B3) na superfície da água; entre 18.665 (B2) e 19.642 mg/L (B6) no meio da coluna d`água e entre 18.665 (B3) e 23.258 mg/L (B5) no fundo.

No ponto B1 obteve-se alta concentração igual a 18.860 mg/L, o que pode estar associado aos esgotos domésticos, uma vez que o cloreto de sódio está presente na urina.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-8: Cloreto Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

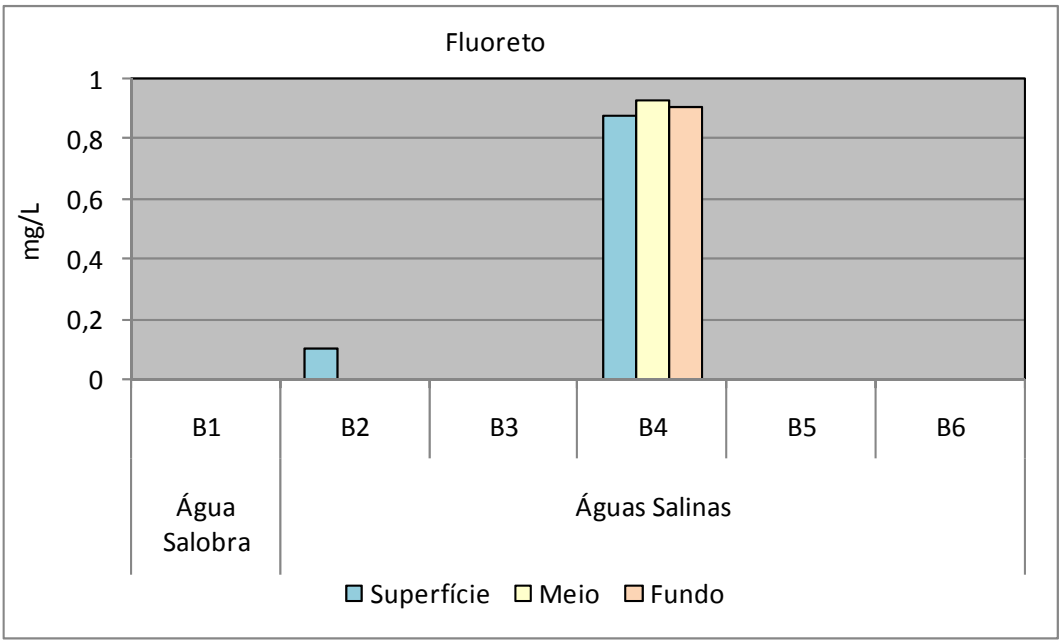


- Fluoreto Total

  Traços de fluoreto são usualmente encontrados em águas naturais, com altas concentrações estando associadas a fontes subterrâneas, depósitos geológicos de origem marinha ou efluentes industriais, resultantes por exemplo da fabricação de fios condutores de eletricidade.

  As concentrações dessa variável em toda rede amostral encontram-se abaixo do valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (1,4 mg/L), embora as águas salinas do ponto B4 tenham apresentado alta concentração desse íon.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-9: Fluoreto Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Série de Sólidos (resíduos)

  Denominam-se sólidos totais a soma das parcelas dissolvida e em suspensão presentes em determinada amostra, podendo ter origem orgânica (sólidos voláteis) ou inorgânica (sólidos fixos). Sólidos sedimentáveis representam a porção dos sólidos em suspensão que se sedimentam sob a ação da gravidade durante o período de uma hora mantida a amostra em repouso.

  Os sólidos em suspensão são as partículas inorgânicas (areia, silte, argila) bem como detritos orgânicos (algas, bactérias, folhas em decomposição). Processos erosivos em áreas de mangue e em matas de encosta contribuem com teores elevados de sólidos em suspensão aos corpos hídricos receptores, especialmente no período chuvoso, interferindo na turbidez das águas.

  Os sólidos dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos entre outros, refletindo no resultado de diversos parâmetros, como condutividade e pH.

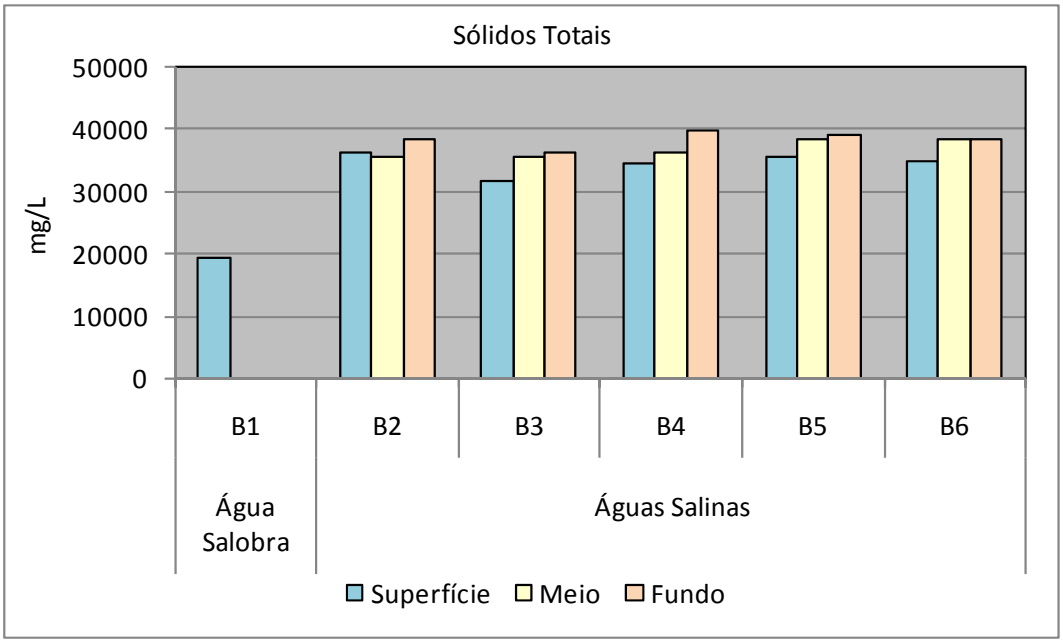
Quando em grande quantidade os resíduos sólidos, podem causar danos a vida aquática, pois além de reduzirem a quantidade de luz necessária aos processos fotossintéticos, tendem a sedimentar, modificando assim o habitat de organismos bentônicos. Podem ainda reter bactérias e resíduos orgânicos no sedimento de fundo, favorecendo a decomposição anaeróbia. A afinidade de alguns poluentes por partículas pequenas em suspensão facilita seu transporte na coluna d'água e o acúmulo em organismos filtradores.

Nas águas salinas, as concentrações de sólidos totais oscilaram entre 31.600 (B3) e 36.342 mg/L (B2) na superfície da água. No meio da coluna da coluna d`água, as concentrações oscilaram entre 35.500 (B2) e 38.471 mg/L (B5). Nas águas de fundo, as concentrações oscilaram entre 36.279 (B3) e 39.707 mg/L (B4).

Na água salobra (ponto B1), obteve-se concentração de sólidos totais iguais a 19.279 mg/L.

Em todos os pontos amostrados, os sólidos totais apresentaram-se acima do limite de quantificação (10 mg/L). A legislação vigente não estabelece valor máximo para esse parâmetro quanto às águas salinas e salobras de classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-10: Sólidos Totais (Resíduos) nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

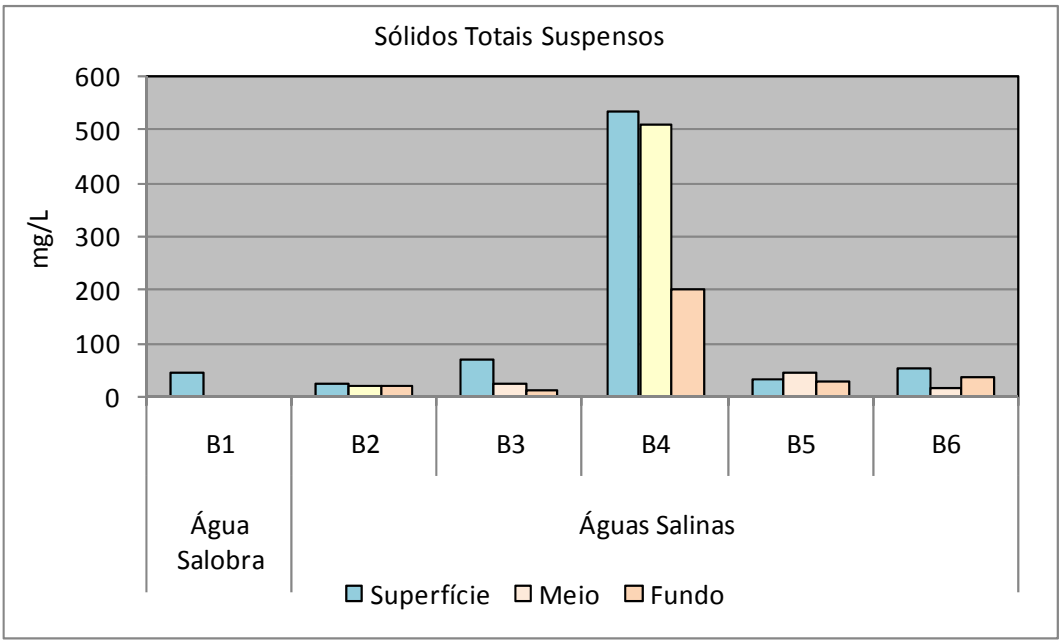


Na superfície das águas, os sólidos totais suspensos nas águas salinas variaram de 24 (B2) a 533 mg/L (B4). No meio da coluna d`água, as concentrações variaram de 17 (B6) a 510 mg/L (B4). Nas água de fundo, os valores obtidos para essa variável oscilaram entre 14 (B3) a 201 (B4).

Com relação à água salobra do ponto B1, a concentração de sólidos suspensos totais foi igual a 47 mg/L.

Em toda a rede amostral, obtiveram-se concentrações de sólidos totais suspensos acima do limite de quantificação (10 mg/L). A Resolução Conama 357/05 não estabelece valor máximo para essa variável em águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-11: Sólidos Totais Suspensos nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

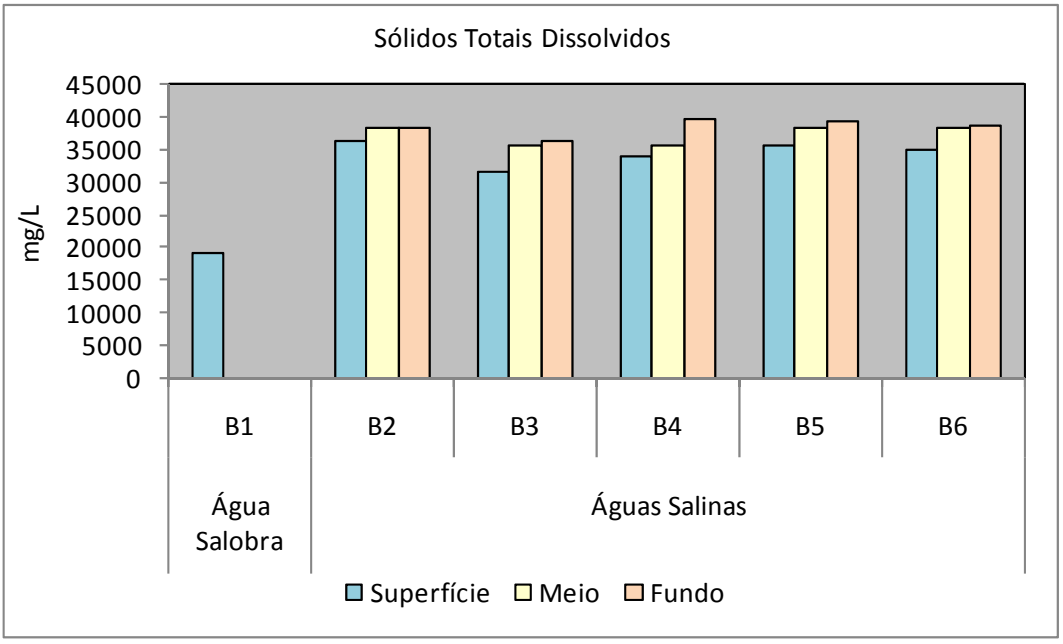


Os teores de sólidos totais dissolvidos nas águas salinas variaram de 31.529 (B3) a 36.318 mg/L (B2) na superfície; de 35.528 (B3) a 38.426 mg/L (B5) no meio da coluna d`água e de 36.265 (B3) a 39.506 mg/L (B4) nas água de fundo.

No ponto B1, obteve-se concentração de sólidos totais dissolvidos igual a 19.232 mg/L, menor concentração dessa variável em toda a rede amostral.

Em todos os pontos, os valores encontram-se acima do limite de quantificação (10 mg/L).

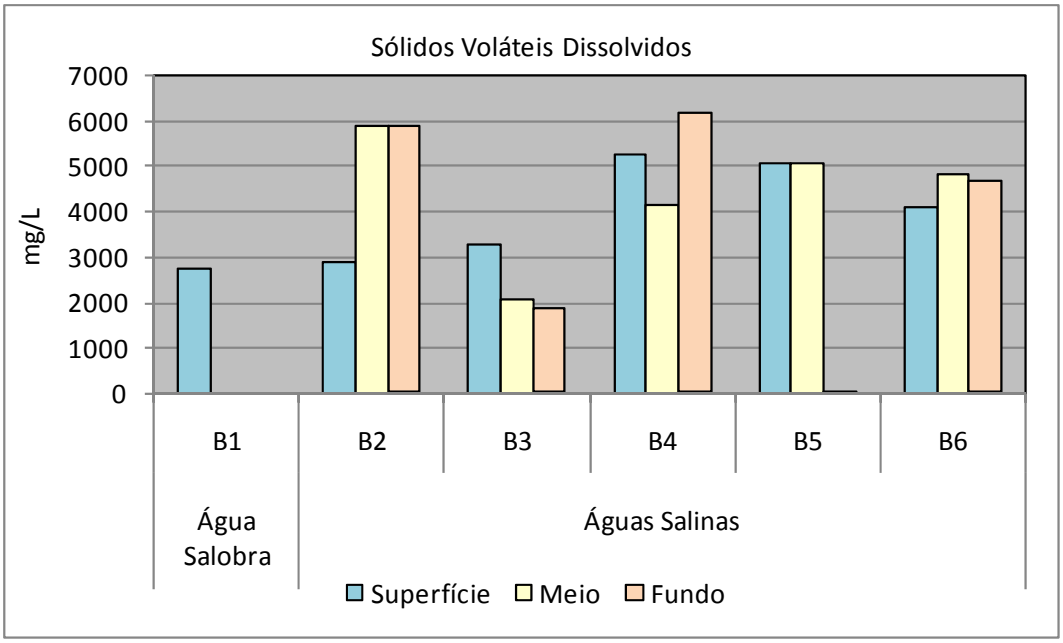
GRÁFICO 10.1.8.1.2-12: Sólidos Totais Dissolvidos nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



Os valores de sólidos voláteis dissolvidos oscilaram entre 2.907 (B2) e 5.254 mg/L (B4) na superfície; entre 2.090 (B3) e 5.877 mg/L (B2) no meio da coluna d'água e entre 15 (B5) e 6.197 mg/L (B4) nas águas de fundo.

Quanto aos sólidos voláteis dissolvidos na água do ponto B1, obteve-se concentração igual a 2.736 mg/L.

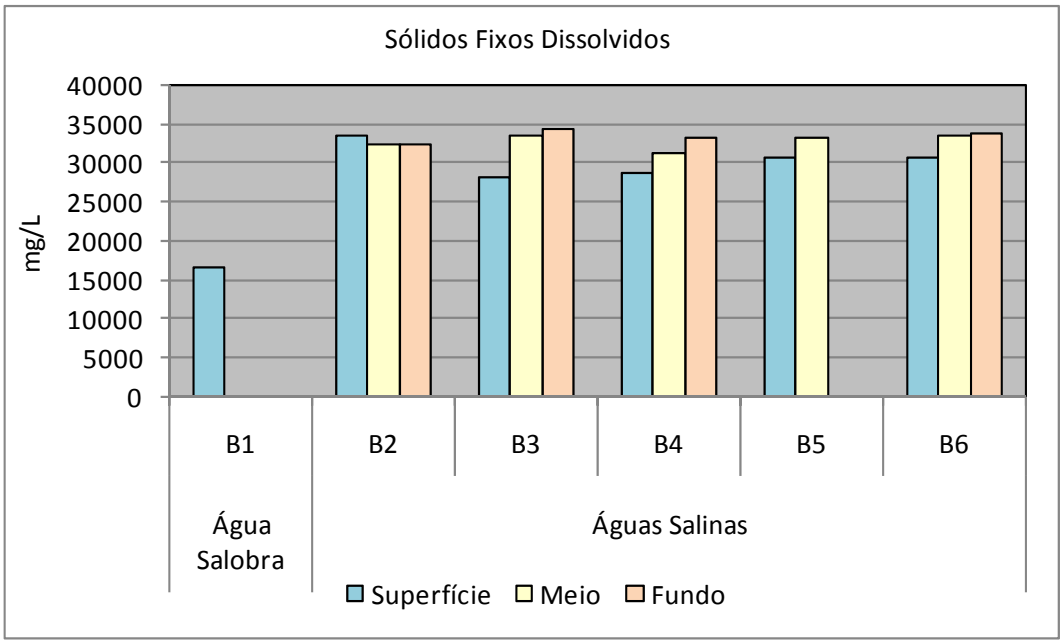
GRÁFICO 10.1.8.1.2-13: Sólidos Voláteis Dissolvidos nas Águas Superficiais – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



As concentrações de sólidos fixos dissolvidos nas águas salinas variaram de 28.234 (B3) a 33.411 mg/L (B2) na superfície; de 31.380 (B4) a 33.387 mg/L (B6) no meio da coluna d`água e de 10 (B5) a 34.428 mg/L (B3) nas águas de fundo. Apenas o ponto B5 apresentou concentração igual ao limite de quantificação (10 mg/L).

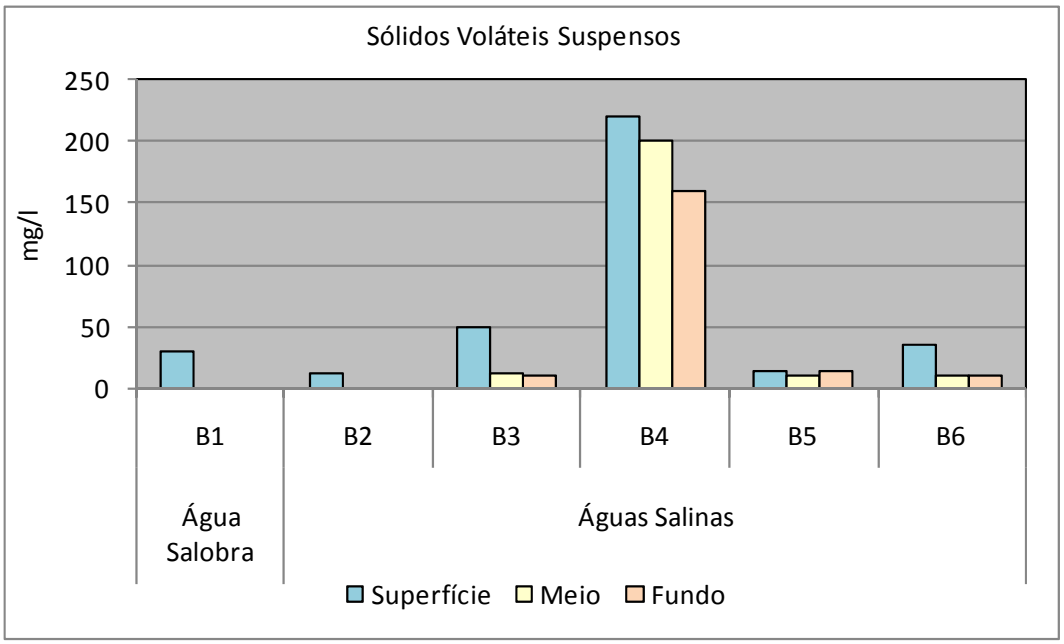
No ponto B1, obteve-se concentração de sólidos fixos dissolvidos igual a 16.496 mg/L.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-14: Sólidos Fixos Dissolvidos – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



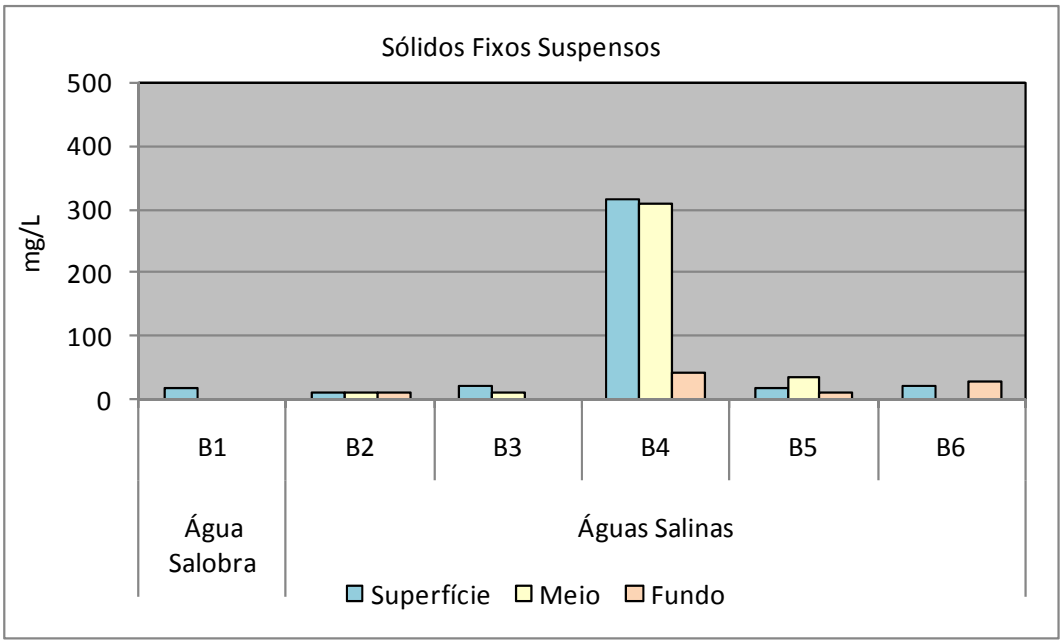
Em todos os pontos de coleta obtiveram-se concentrações de sólidos voláteis suspensos acima do limite de quantificação (10 mg/L), exceto nas águas salinas obtidas no meio da coluna d`água e nas águas de fundo dos pontos B2 e B6.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-15: Sólidos Voláteis Suspensos nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



Em todos os pontos obtiveram-se concentrações de sólidos fixos suspensos acima do limite de quantificação (10 mg/L), exceto nas águas salinas de fundo dpo ponto B3 e no meio da coluna d`água do ponto B6.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-16: Sólidos Fixos Suspensos nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Oxigênio Dissolvido (OD)

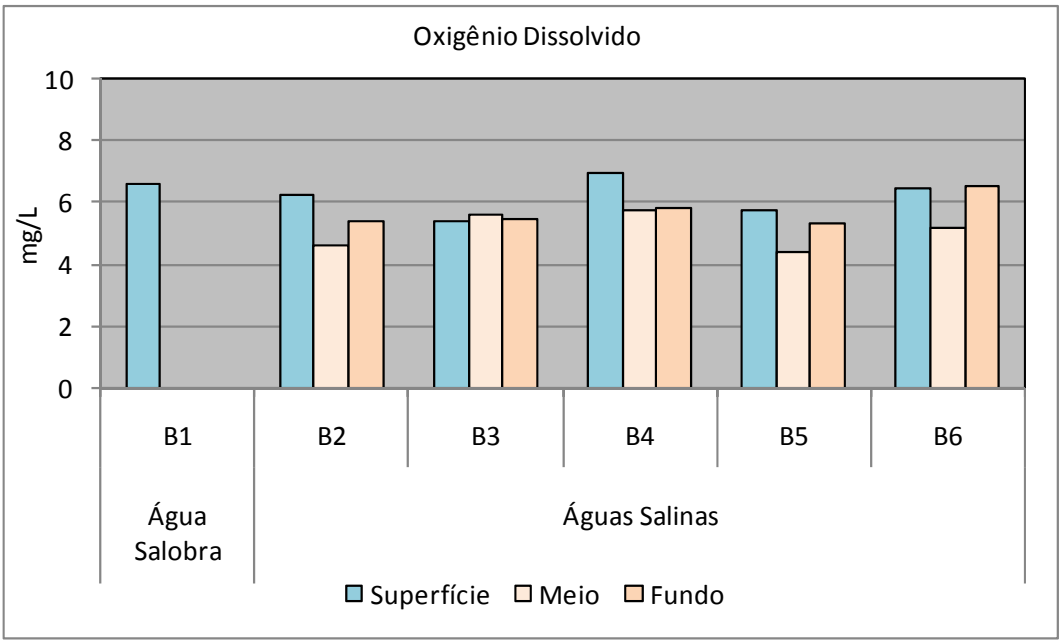
  A concentração de oxigênio dissolvido nas águas é de extrema importância, pois condiciona a sobrevivência de seres aquáticos aeróbios. Sua ausência ou restrição leva à redução da diversidade biológica. Na ausência de oxigênio, passam a prevalecer as condições anaeróbicas e a formação de ambiente redutor, tornando os metais pesados e os compostos de fósforo mais solúveis e biodisponíveis no ambiente.

  Observou-se nas águas salinas níveis de oxigênio satisfatórios na superfície dos pontos B2 e B4. As águas superficiais e de fundo no ponto B6 também apresentaram níveis de oxigênio satisfatórios, não inferiores a 6 mg/L, de acordo com a Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1.

  A menor concentração de oxigênio dissolvido foi detectada no meio da coluna d`água no ponto B2, o que pode estar relacionado com a balneabilidade da praia.

  No ponto B1, observou-se nível de oxigênio satisfatório (não inferior a 5 mg/L), de acordo com a Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-17: Oxigênio Dissolvido nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Carbono Orgânico Total (COT)

  O COT mantém uma relação direta com o teor de matéria orgânica disponível no ambiente aquático. Os materiais orgânicos tendem a se depositar nos sedimentos, atuando como suporte de muitos contaminantes, o que determina sua biodisponibilidade ao formar complexos insolúveis mais estáveis e refratários (Travassos et al, 2007).

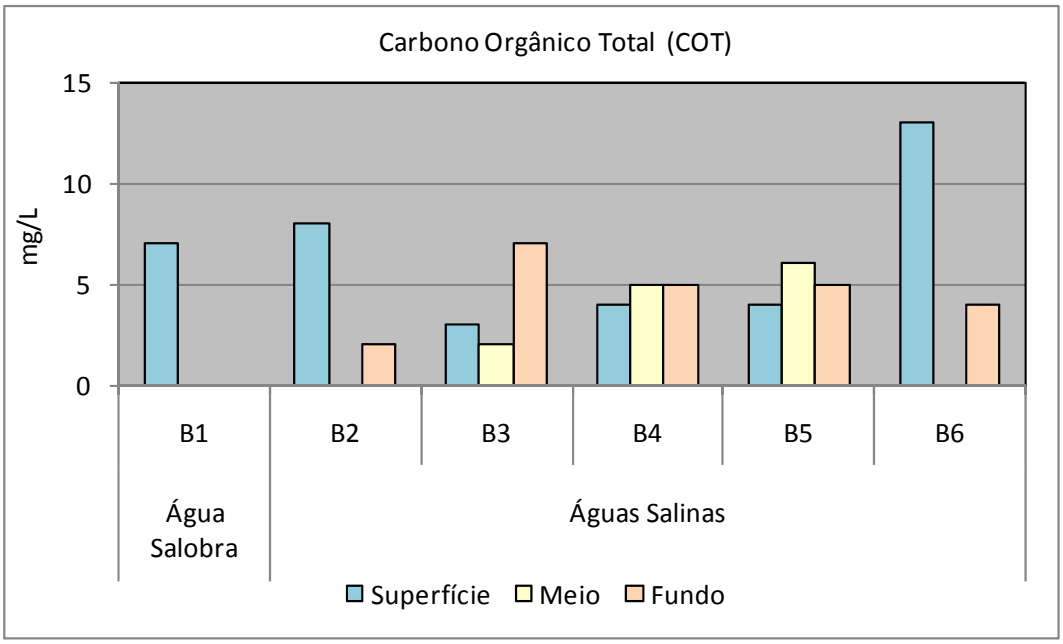
  Todas as amostras de águas salinas apresentaram concentrações de carbono orgânico total acima do permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (0,3 mg/L), exceto as águas obtidas no meio da coluna d'água (<1 mg/L) e no fundo (2 mg/L) do ponto de coleta B2; no meio da coluna d'água (2 mg/L) e na superfície (3 mg/L) do ponto B3 e no meio da coluna d'água no ponto B6 (< 1 mg/L).

  O resultado obtido pode estar relacionado com à balneabilidade da praia do Guaiúba.

  A água do ponto B1 apresentou concentração de carbono orgânico total acima do valor estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (7,0 mg/L), o que pode estar relacionado ao aporte de matéria orgânica proveniente da área de manguezal, de efluentes domésticos e de efluentes provenientes do porto.

  O ponto B6, que encontra-se mais distante da praia do Guaiúba e do futuro terminal, foi o qual apresentou maior nível de carbono orgânico total (13 mg/l), indicando assim poluição orgânica. Importante ressaltar que esse ponto localiza-se mais próximo ao atual ponto de descarte de materiais dragados no canal do porto.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-18: Carbono Orgânico Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



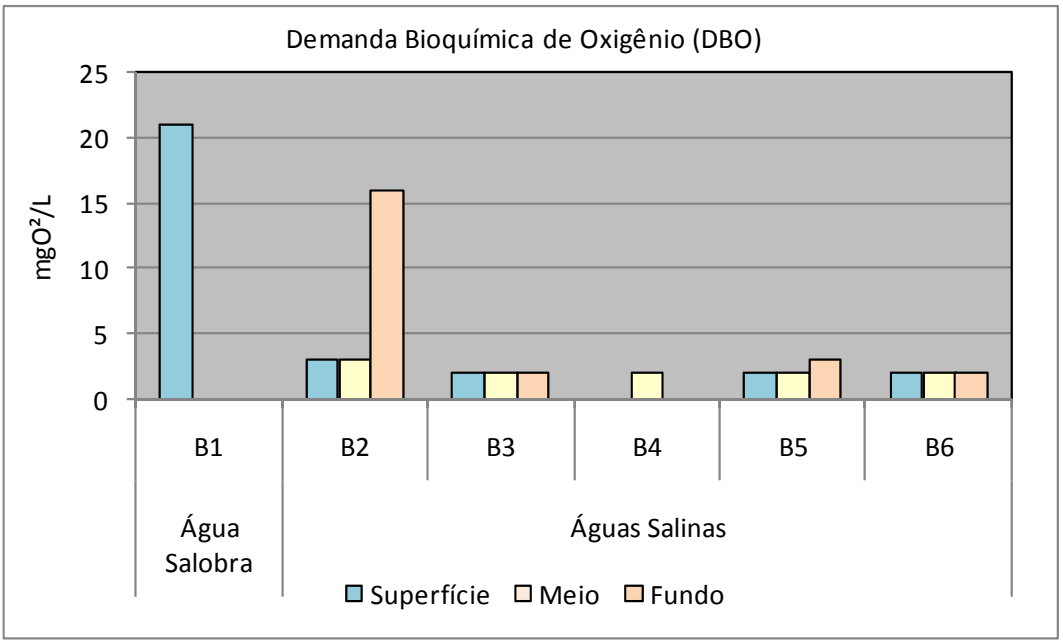
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

  A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável.

  Obteve-se nas águas salinas alta demanda bioquímica de oxigênio na superfície, no meio da coluna d' água e no fundo da água no ponto de coleta B2.

  O ponto B1 apresentou demanda bioquímica de oxigênio igual a 21 mg/L, apresentando o maior valor obtido em toda rede amostral. A Resolução Conama 357/05 não estabelece limites para essa variável com relação às águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-19: Demanda Bioquímica de Oxigênio nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

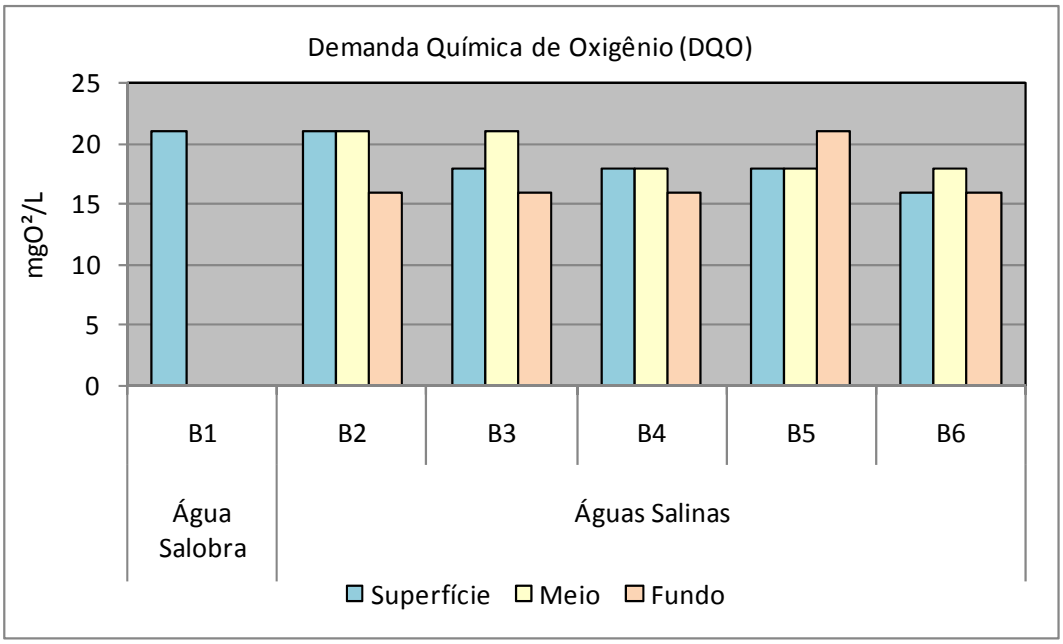
  A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Como a DBO afere apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproximar da DQO, maior é o potencial de degradação biológica dos compostos presentes em determinada amostra.

  A demanda química de oxigênio variou nas águas salinas entre 16 e 21 mg O²/L, obtendo-se o maior valor na superfície e no meio da coluna d'água no ponto B2 e no meio da coluna d'água no ponto B3.

  O ponto B1 também apresentou alta demanda química de oxigênio (21 mg O²/L), o que sugere grande quantidade de matéria orgânica suscetível de ser oxidada por meios químicos.

  A Resolução Conama 357/05 não estabelece limite máximo para essa variável quanto às águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-20: Demanda Química de Oxigênio nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Série de Nitrogênio

  O nitrogênio participa da formação de proteínas no metabolismo dos seres vivos, podendo ser encontrado no meio aquático na forma orgânica (microrganismos, detritos orgânicos) e na forma inorgânica, especialmente amônia, nitrito e nitrato.

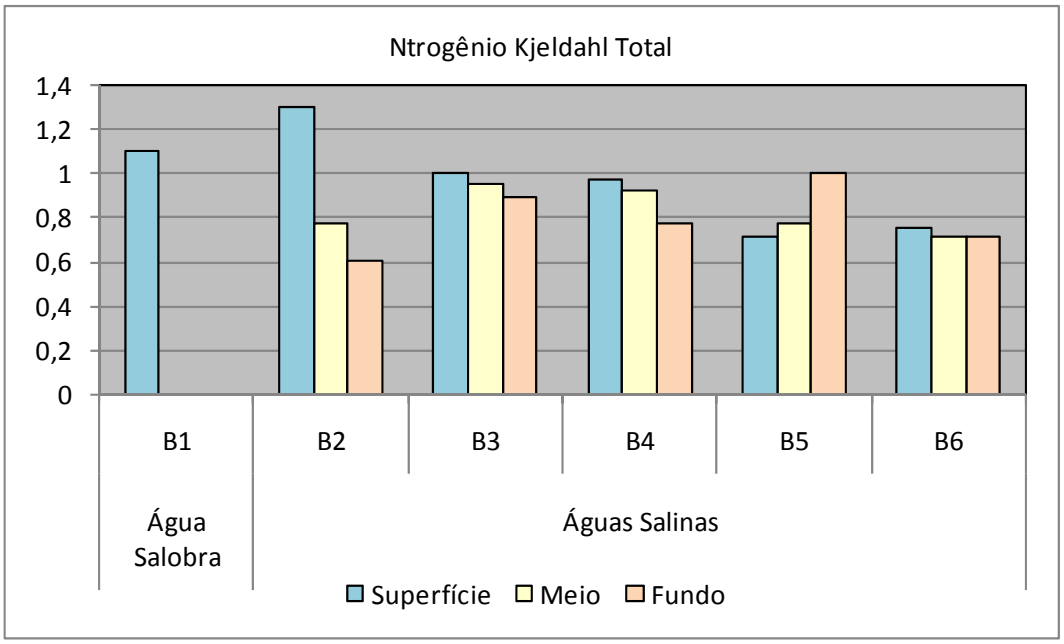
  Os processos de decomposição biológica levam a amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos. Em ambientes bem oxigenados, os produtos amoniacais são rapidamente convertidos a nitritos, que são extremamente instáveis no ambiente e, em seguida, a nitratos, elementos conservativos facilmente assimilados pelos organismos autótrofos (algas e vegetais em geral).

  Existem duas formas de amônia intercambiáveis – a ionizada (íon amônio NH4+) e a não ionizada (amônia livre - NH3). Quanto maior o pH da amostra, maior é a proporção da amônia livre, que é mais tóxica em relação ao íon amônio. A soma das frações de nitrogênio orgânico e amoniacal é expressa pelo resultado de nitrogênio Kjeldahl.

  Não há limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para concentrações de nitrogênio Kjeldahl em águas salinas, que variou entre 0,61 mg/L (águas de fundo do ponto B2) e 1,3 mg/L (superfície da água no ponto B2).

  O ponto B1 apresentou valor de nitrogênio Kjeldahl igual a 1,1 mg/L, o que pode contribuir para o enriquecimento de nutrientes na água e para os processo de eutrofização.

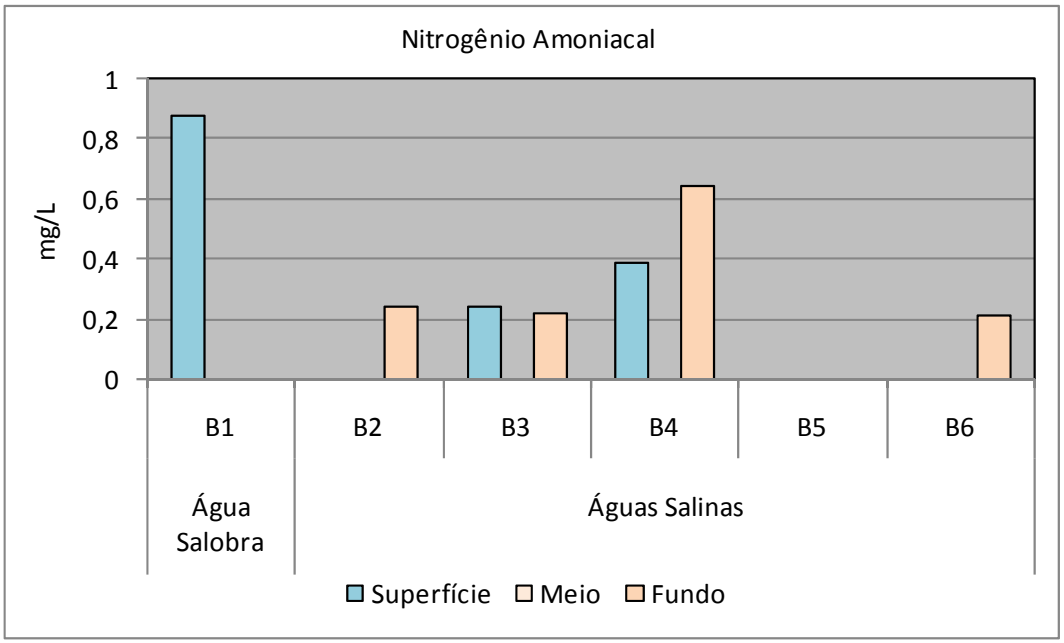
GRÁFICO 10.1.8.1.2-21: Nitrogênio Kjeldahl nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



Os pontos de amostragem B2 a B6 apresentaram concentrações de nitrogênio amoniacal abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (0,4 mg/L), exceto as águas de fundo do ponto B4 (0,64 mg/L).

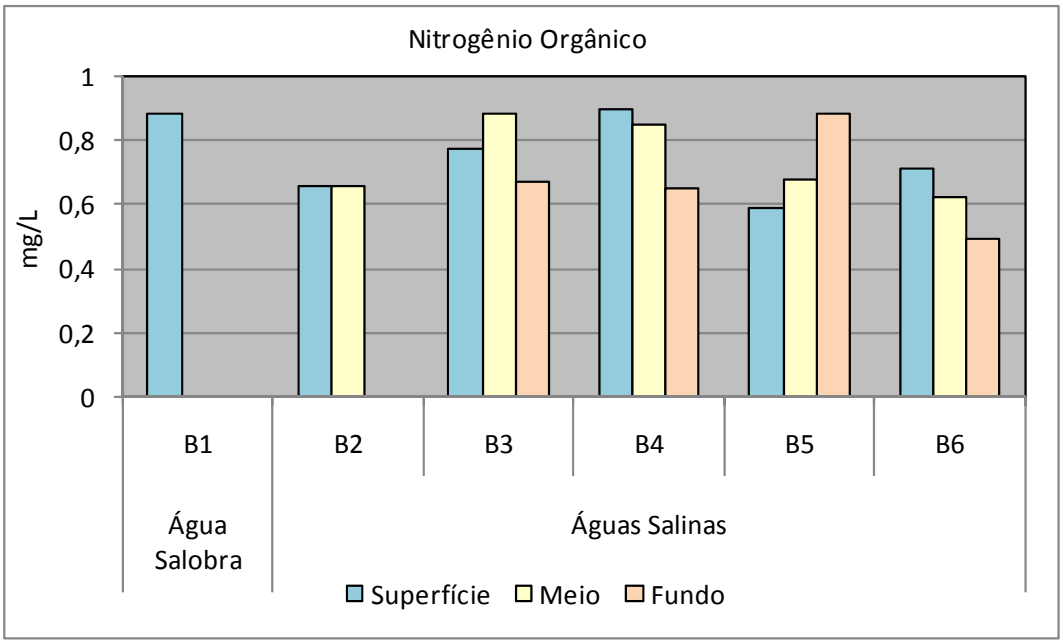
Na superfície da água do ponto B1 obteve-se concentração de nitrogênio amoniacal igual a 0,88 mg/L, acima do permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (0,04 mg/L), o que pode causar danos à biota aquática presente no local.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-22: Nitrogênio Amoniacal nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



Em todos os pontos da rede amostral, as frações de nitrogênio orgânico prevaleceram sobre as parcelas amoniacais, conforme observado no **Gráfico 10.1.8.1.2-23**.

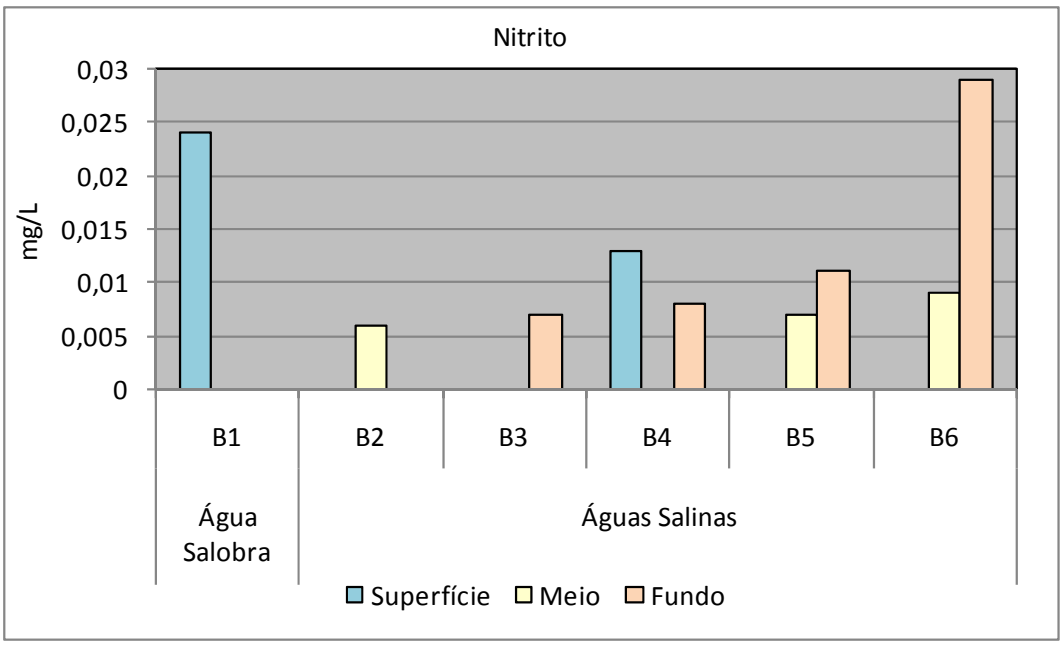
GRÁFICO 10.1.8.1.2-23: Nitrogênio Orgânico nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



Obtiveram-se níveis de nitrito acima do permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (0,007 mg/L) na superfície e no fundo da água no ponto B4 (0,013 e 0,008 mg/L, respectivamente); no fundo da água no ponto B5 (0,011 mg/L); no fundo e no meio da coluna d'água no ponto B (0,029 e 0,009 mg/L, respectivamente), indicando assim processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

O ponto B1 também apresentou alta concentração de nitrito (0,024 mg/L), acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1.

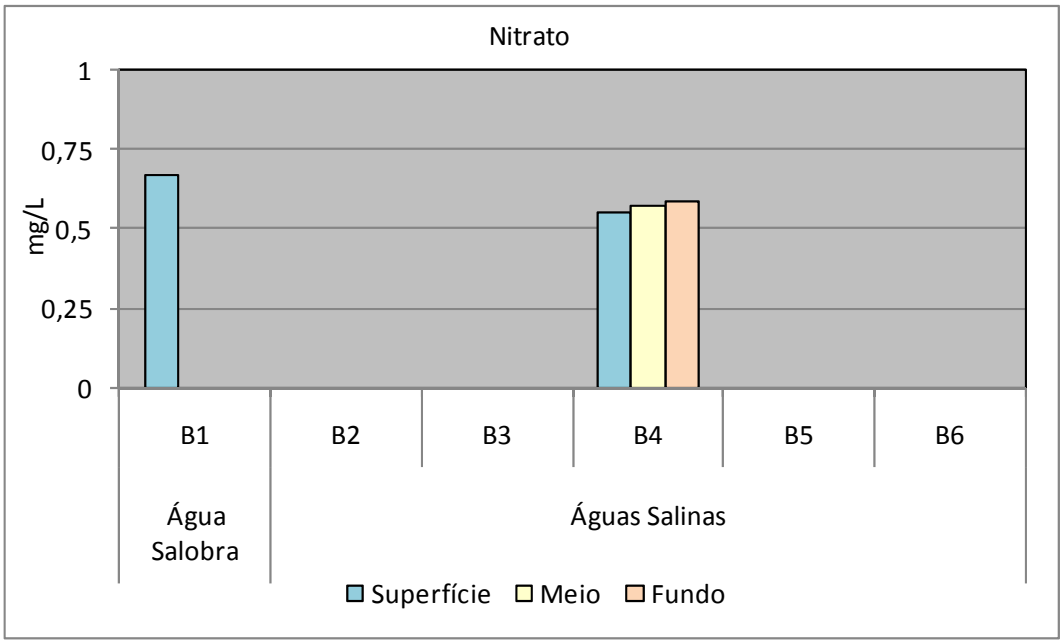
GRÁFICO 10.1.8.1.2-24: Nitrito nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



As concentrações de nitrato nas águas salinas apresentaram-se abaixo do valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (0,4 mg/L), com exceção das águas de superfície e de fundo do ponto B4.

A concentração de nitrato obtida na água do ponto B1 se manteve acima do permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (0,4 mg/L), o que sugere condições sanitárias inadequadas no local, já que as principais fontes de nitrato provém de dejetos humanos e de animais.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-25: Nitrato nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados.

Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água, passando a ser assimilados pelas algas após sua conversão a ortofosfato, processo o qual é executado por bactérias.

Em comparação com outros componentes estruturais dos seres vivos, o fósforo é o menos abundante e em geral o principal fator limitante a produtividade dos sistemas hídricos. As principais fontes de fósforo nas águas nas áreas urbanas estão associadas principalmente a introdução de esgotos domésticos e industriais.

A Resolução Conama 357/05 estabelece um limite de 0,062 mg/L de fósforo total para águas salinas classe 1. Os ponto B2 a B6 apresentaram concentrações de fósforo abaixo do valor máximo permitido pela legislação (0,062 mg/L), exceto a superfície da água no ponto B3 (0,26 mg/L) e a superfície da água no ponto B5 (0,24 mg/L).

Para águas salobras classe 1, a Resolução Conama 357/05 estabelece um limite de 0,124 mg/L para concentrações de fósforo, estando o ponto B1 em consonância com a legislação.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-26: Fósforo Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

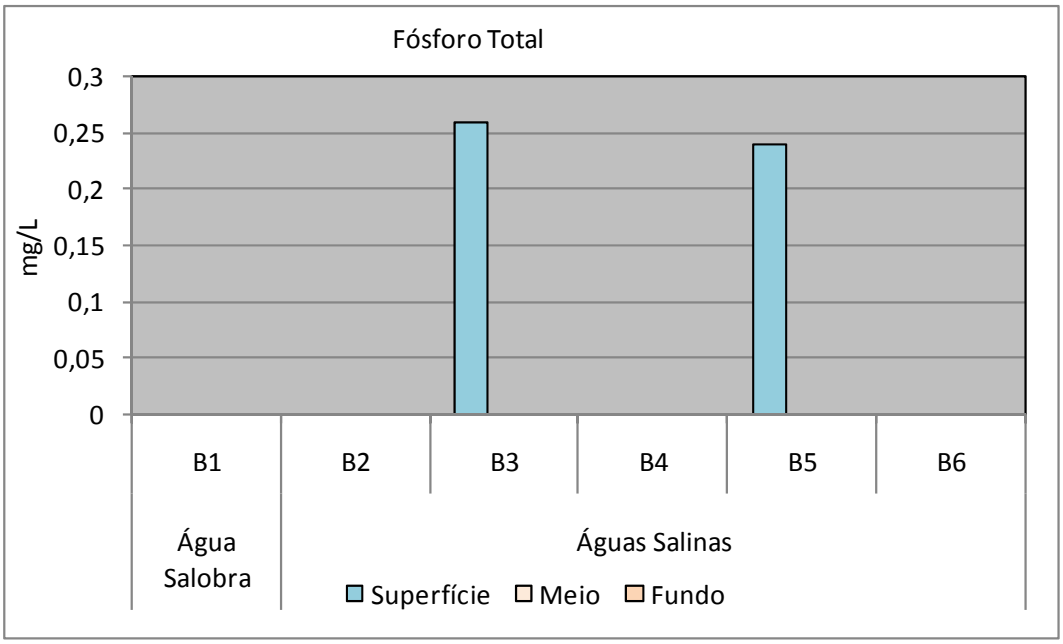
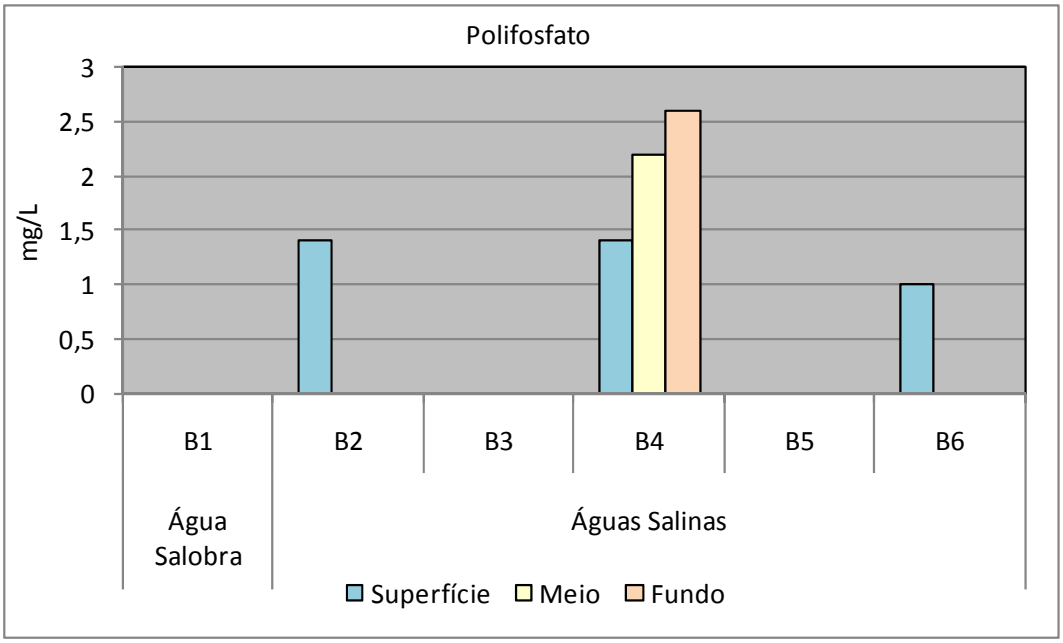


GRÁFICO 10.1.8.1.2-27: Polifosfato nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Clorofila-a e Feofitina

  A clorofila-a, comum a todos os seres autótrofos, é o pigmento responsável pela assimilação da energia luminosa no processo de síntese da matéria orgânica. Nos sistemas aquáticos, as algas são os principais organismos capazes de realizar a fotossíntese, de forma que o aumento na concentração de clorofila-a indica maior desenvolvimento desses seres no ambiente. É considerada, pois, uma das variáveis indicadoras mais importantes do estado trófico das águas.

As concentrações de clorofila nas águas salinas variaram de 0 a 17,37 mg/m³, sendo obtido o maior valor na água superficial do ponto B4, local que apresentou alta concentração de nutrientes como fósforo e nitrato.

A água do ponto B1 apresentou a segunda maior concentração dessa variável em toda a rede amostral, com um valor de 6,15 mg/m³.

A legislação não estabelece limite de concentrações de clorofila-a para águas salobras e salinas classe 1.

A feofitina-a é um produto da degradação da clorofila-a que pode interferir fortemente nas medidas deste pigmento, por absorver luz na mesma região do espectro.

As concentrações de feofitina nas águas salinas variaram de 0 a 18,84 mg/m³, sendo obtidos os maiores valores nos pontos de coleta B2 (10, 24 mg/m³ na superfície, 9,89 mg/m³ no meio da coluna d'água e 11, 39 mg/m³ no fundo) e B3 (13,55 mg/m³ na superfície, 18,84 mg/m³ no meio da coluna d'água e 12, 14 mg/m³ no fundo), pontos que demonstraram-se mais eutrofizados, o que pode estar relacionado com à balneabilidade da praia do Guaiúba.

O ponto B1 apresentou baixa concentração de feofitina em relação aos demais pontos amostrados (6,39 mg/m³).

A Resolução Conama 357/05 não determina valor máximo para essa variável quanto às águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-28: Clorofila nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

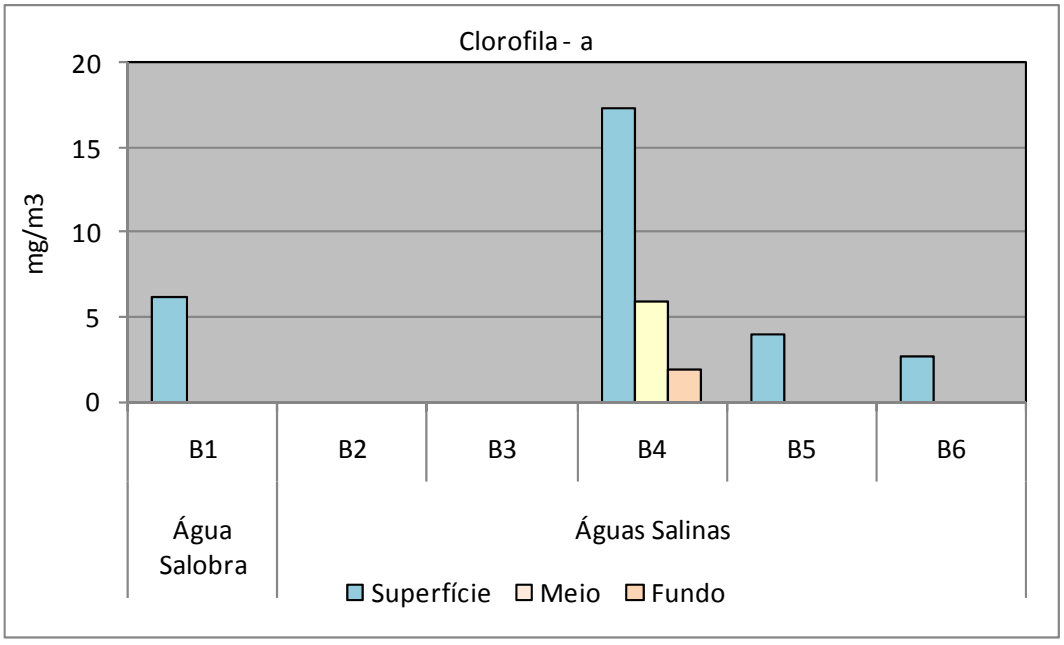
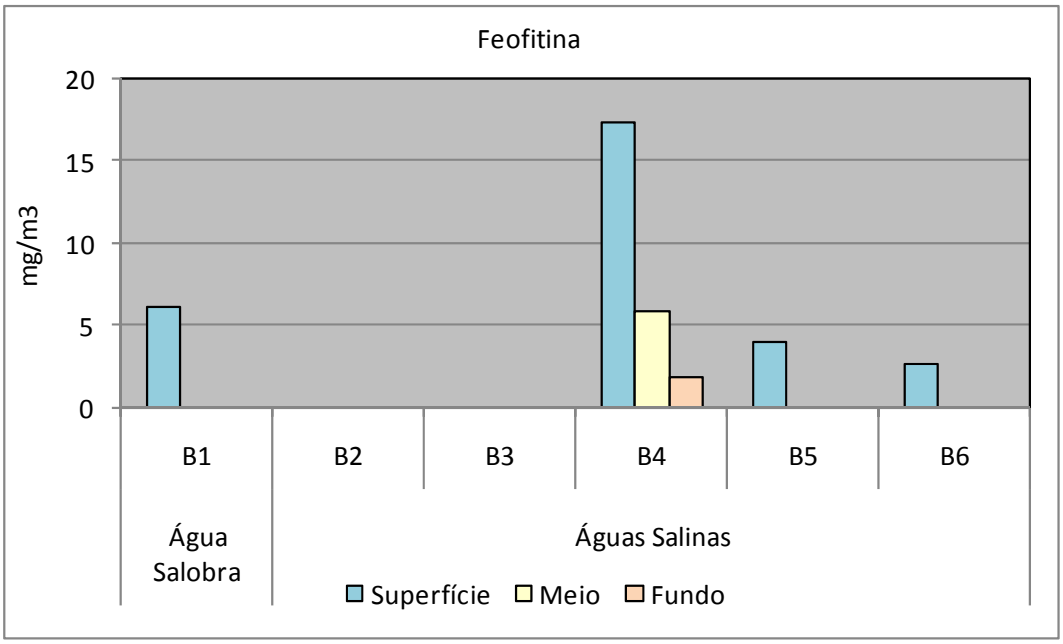


GRÁFICO 10.1.8.1.2-29: Feofitina nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Ferro Dissolvido

  Nas águas superficiais, a presença de ferro está associada às características geoquímicas regionais, sendo quase sempre acompanhado pelo manganês.

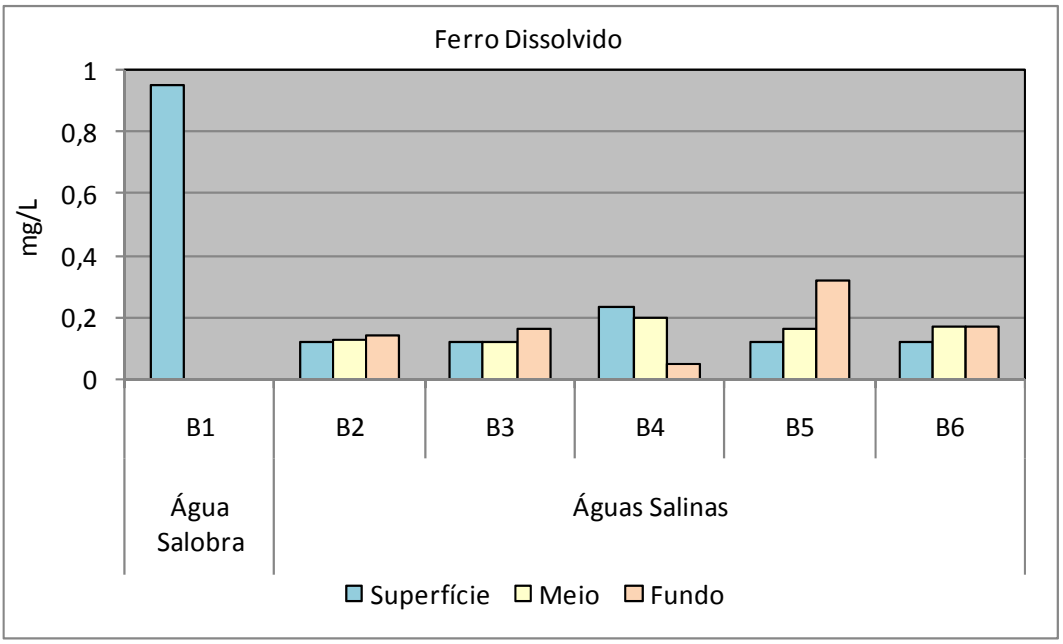
  Os efluentes de indústrias metalúrgicas consistem nas principais fontes de contaminação do sistema aquático por compostos de ferro. Apesar de não ser um elemento tóxico, pode levar ao desenvolvimento de bactérias ferruginosas.

  O ferro se encontra dissolvido na água na forma de bicarbonato (solúvel); na presença do oxigênio, transforma-se em hidróxido férrico (insolúvel), que se precipita nos sedimentos, sobretudo em pH alcalino. Quando adsorvido pelo ferro, o fósforo também tende a se precipitar, sendo novamente liberado na coluna d'água em ambientes anaeróbios e com pH inferior a 7.

  A maior concentração de ferro dissolvido nas águas salinas foi obtida nas águas de fundo do ponto B5 (0,32 mg/L), valor que se apresentou acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (0,3 mg/L).

  Obteve-se também alta concentração de ferro dissolvido no ponto B1 (0,95), acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-30: Ferro Dissolvido nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Sulfato Total

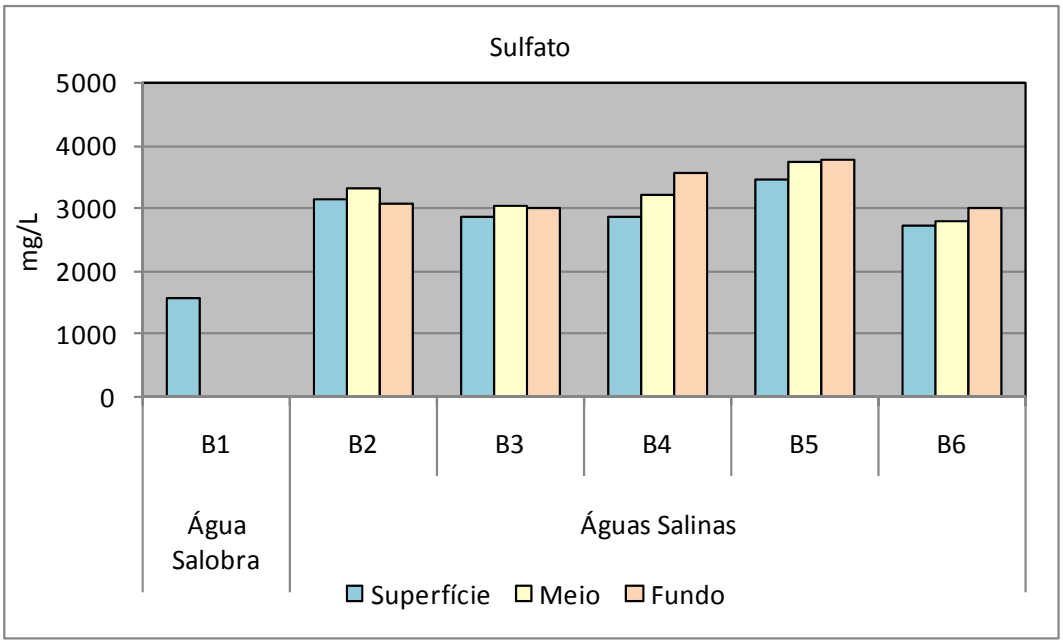
  É um dos íons mais abundantes nas águas estuarinas e marinhas e sua concentração é fortemente influenciada pelo metabolismo de microrganismos. Em locais com intenso aporte de matéria orgânica e sob condições anóxicas, o sulfato sofre redução a sulfetos pela ação de bactérias redutoras.

  As concentrações de sulfato nas águas salinas variaram entre 2.705,3 e 3.757,4 mg/L (água superficial do ponto B6 e água de fundo do ponto B5, respectivamente).

  A menor concentração de sulfato total foi obtida no ponto B1, que apresentou valor igual a 1.574,3.

  A Resolução Conama 357/05 não estabelece valor máximo para essa variável quanto às águas salinas e salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-31: Sulfato Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Sulfeto

  O sulfeto de hidrogênio é um composto biologicamente ativo que se forma a partir da decomposição de matéria orgânica e do sulfato na ausência de oxigênio através da ação de bactérias. É tóxico aos peixes na concentração de 1 a 6 mg/L.

  Pelo fato de serem agentes fortemente redutores, a maior parte dos sulfetos é também responsável por uma demanda imediata de oxigênio, reduzindo sua disponibilidade no corpo d'água. Em águas bem aeradas, o sulfeto de hidrogênio é oxidado a sulfato ou biologicamente oxidado a enxofre elementar, minimizando os efeitos ao ambiente.

  Alguns metais pesados tóxicos, como mercúrio, cádmio e chumbo formam sulfetos insolúveis e se precipitam nos sedimentos.

  Obtiveram-se em todos os pontos de amostragem concentrações de sulfeto inferiores a 0,10 mg/L. A Resolução Conama 357/05 estabelece um limite máximo de 0,002 mg/L para águas salinas e salobras classe1, não podendo ser afirmado que os resultados obtidos estão em conformidade com a legislação.

- Óleos e Graxas

  Óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, representados principalmente por hidrocarbonetos, gorduras e ésteres. Sua presença nos corpos hídricos está associada a introdução de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas e de postos de gasolina e águas pluviais que drenam estradas e vias públicas, além do trânsito de embarcações.

  A camada de óleos e graxas que se forma na superfície das águas pode provocar aderência nos organismos aquáticos. O pequeno grau de solubilidade desses compostos reduz a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, restringindo a transferência do oxigênio no meio aquático.

A Resolução Conama 357/05 estabelece que óleos e graxas estejam virtualmente ausentes nas águas salinas e salobras classe 1. Os resultados obtidos em toda rede de amostragem demonstraram-se abaixo do limite de quantificação para essa variável (< 5,0 mg/L).

- Cianeto Livre

  Os cianetos podem ser gerados em várias atividades industriais, como galvanização, produção de plásticos, entre outras.

  Na forma iônica, o cianeto é bastante tóxico, com o organismo humano tolerando pequenas quantidades de cianeto geralmente contidas em alimentos, não havendo indicações de que o íon se acumule no organismo. O grau de toxicidade de cianetos aos peixes é afetada pelo pH, pela temperatura e pelo teor de oxigênio dissolvido.

  A Resolução Conama 357/05 determina para águas salinas e salobras classe 1 valor máximo permitido de 0,001 mg/L de cianeto livre. Em todos os pontos, obtiveram-se concentrações inferiores a 0,010 mg/L, não podendo ser afirmado que esses resultados estão em consonância com a legislação.

c) Variáveis Bacteriológicas

- Coliformes Termotolerantes e Totais

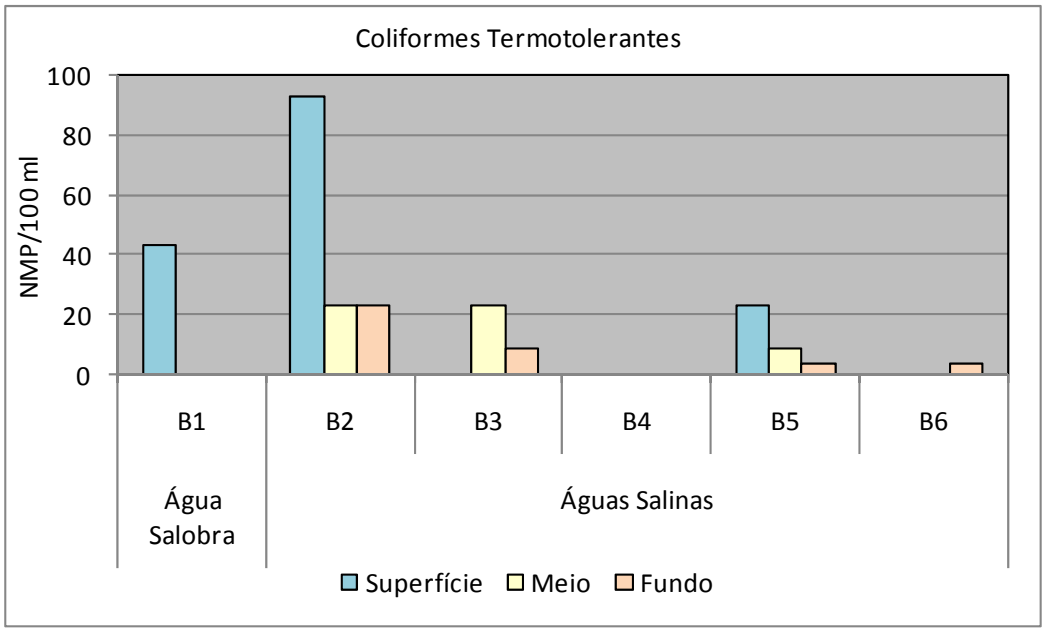
  Coliformes termotolerantes (ou fecais) são bactérias presentes nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, constituindo importante indicador da existência de microorganismos patogênicos os quais são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desinteria bacilar e cólera.

  As concentrações de coliformes termotolerantes variaram nas águas salinas de < 3,0 a 93 NMP/100 ml, sendo detectada a maior concentração no ponto B2, fator que pode estar relacionado à balneabilidade da praia do Guaiúba. As menores concentrações foram obtidas na superfície das águas no ponto B3; na superfície, meio e fundo do ponto B4 e na superfície e no meio da coluna d`água do ponto B6.

  No ponto B1, obteve-se níveis de coliformes termotolerantes igual a 43 NMP/100 ml.

  Os resultados obtidos estão dentro do limite estabelecido pela Resolução Conama 274/00 para águas classificadas como excelente quanto aos níveis de coliformes termotolerantes (250 NMP/100 ml).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-32: Coliformes Termotolerantes nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

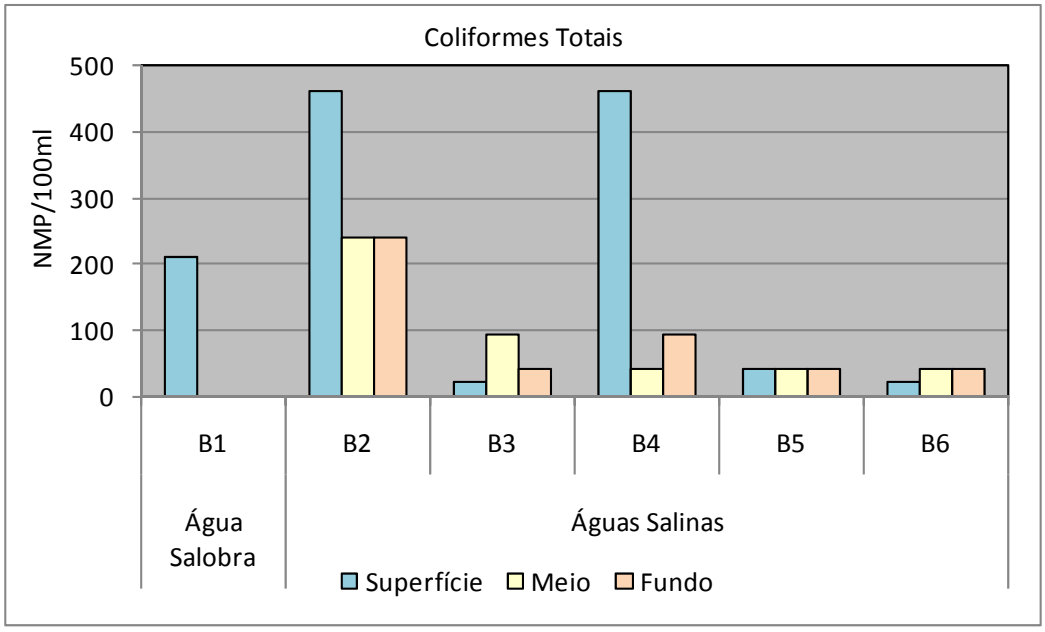


A Resolução Conama 357/05 não estabelece valor máximo permissível para águas salinas enquadradas na classe 1. Nos pontos B2 a B6, os resultados obtidos variaram de 23 NMP/100 ml (águas superficiais dos pontos B3 e PTG 6) a 460 NMP/100 ml (águas superficiais do ponto B2).

Além de apresentar alta concentração de coliformes totais nas águas superficiais, o ponto B2 também apresentou grandes concentrações no meio da coluna d'água e nas águas de fundo (240 NMP/100 ml), fator que também pode estar relacionado à balneabilidade.

A água obtida no ponto B1 apresentou alto nível de coliformes totais, com valor igual a 210 NMP/ml. A legislação vigente não estabelece valor máximo permissível para essa variável quanto às águas salobras classe 1.

GRÁFICO 10.1.8.1.2-33: Coliformes Totais nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



d) Metais Pesados

A concentração de metais está vinculada na superfície terrestre à matriz geológica na qual estão associados. No ambiente aquático natural, os metais normalmente são encontrados em níveis traços e subtraços, podendo ocorrer nas formas dissolvida, coloidal e particulada (não solúveis).

Muitos metais são utilizados diretamente como matéria prima e insumos, ou, indiretamente, na produção de compostos químicos aplicados na indústria. Esses produtos podem ser introduzidos nos corpos hídricos através de efluentes urbanos (principalmente arsênio e cromo), de resíduos de carvão vegetal (arsênio e mercúrio), de fundição metalúrgica não ferrosa (níquel, chumbo) e de indústrias de beneficiamento de ferro e aço (manganês, cromo e zinco).

No caso de metais pesados, a toxicidade é alta quando ocorrem dissolvidos na água. No entanto, as concentrações das formas dissolvidas geralmente são muito baixas, inclusive nos estuários, pois assim que esses elementos entram no ambiente aquático, esses tendem a ser rapidamente adsorvidos as partículas suspensas, sobretudo pelas mais finas, como silte e argila, depositando-se a seguir no sedimento (Kennish, 1996).

As partículas em suspensão consistem, pois, na via de transporte mais significativa de metais pesados para as regiões costeiras, o que explica as altas porcentagens desses elementos encontrados em organismos com hábito filtrador, como ostras e cracas. Johnston (1976) salienta que moluscos e crustáceos sendo extremamente sensíveis a bio-acumuladores, tanto a poluentes solúveis quanto particulados, principalmente nos estágios larvais, constituem problema de saúde pública.

Em condições anóxicas, frequentes no leito de rios e estuários ricos em matéria orgânica, alguns metais como ferro e manganês são mobilizados dos sedimentos e permanecem dissolvidos na coluna d'água, enquanto que outros metais, como cádmio, cobre, zinco e cromo podem ser removidos da coluna d'água, por precipitação na forma de sulfetos ou por outro tipo de redução, tornando-se insolúveis (Chapman & Wang, 2001 apud Embraport, 2003).

- Arsênio Total

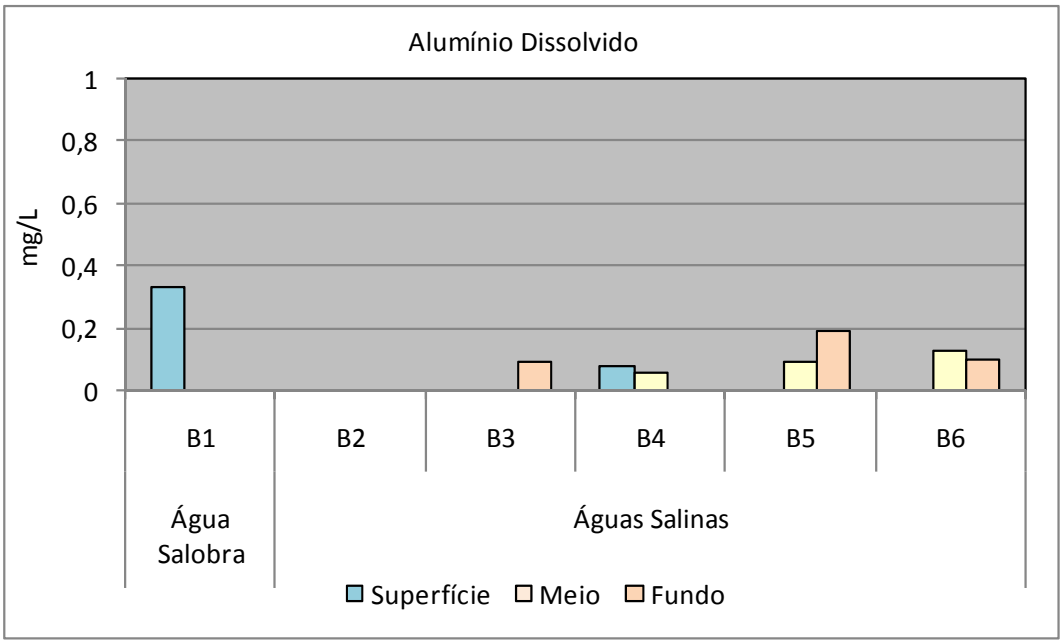
  A Resolução Conama 357/2005 estabelece limite de 0,01 mg/L de arsênio para águas salinas e salobras classe 1. Em todas rede amostral, os valores de arsênio total foram inferiores ao limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L), estando, portanto, em consonância com a legislação vigente.

- Alumínio Dissolvido

  Em águas salinas, as concentrações de alumínio dissolvido apresentaram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (1,5 mg/L).

  O ponto de amostragem B1 apresentou concentrações de alumínio dissolvido acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (0,1 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-34: Alumínio Dissolvido nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Cádmio Total

  A Resolução Conama 357/2005 considera para cádmio total limite máximo de 0,005 mg/L para águas enquadradas como salinas e salobras classe 1, estando todos os pontos de amostragem em consonância com a legislação (<0,001 mg/L).

- Chumbo Total

  Tratando-se de águas salinas, em todos os pontos de amostragem obtiveram-se concentrações inferiores ao limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (<0,01 mg/L), exceto no ponto B4 (local mais próximo do emissário submarino da cidade de Santos), que apresentou níveis de chumbo total inferiores a 0,02 mg/L nas águas superficiais e no meio da coluna d`água, não podendo ser afirmado que está em consonância com a legislação vigente.

  O ponto B1 também apresentou teor inferior a 0,01 mg/L, estando de acordo com a Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1.

- Cromo Dissolvido

  Os valores obtidos em toda rede amostral estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (< 0,05 mg/L).

- Estanho Total

  Os resultados de concentrações de estanho total foram inferiores ao limite detectado pelo método analítico (0,05 mg/L). A legislação Conama 357/05 não prevê limites para estanho.

- Manganês Total

  O Manganês é um elemento químico essencial para todas as formas de vida e possui propriedades tanto estruturais como enzimáticas, desempenhando papel fundamental nos processos fotossintéticos de produção de oxigênio e na degradação oxidativa de lignina. Exposições prolongadas a compostos de manganês podem causar efeitos adversos nos sistemas respiratório e nervoso.

  Em toda rede de amostragem foram encontradas concentrações abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (0,1 mg/L para águas salinas e salobras classe 1).

- Mercúrio Total

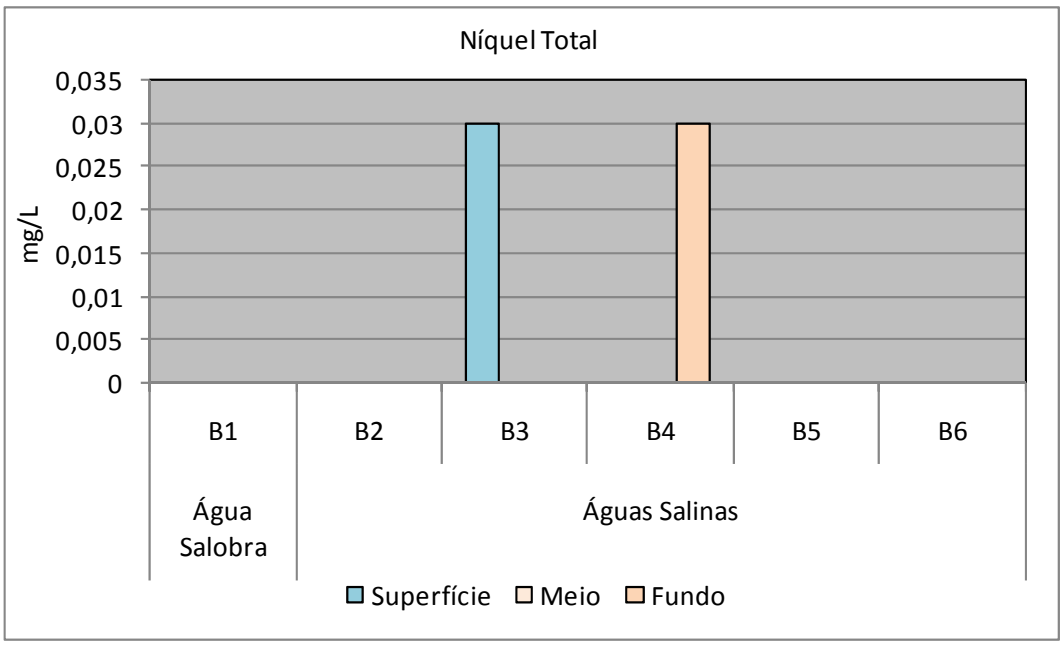
  Nas amostras coletadas nas águas superficiais, todos os resultados foram inferiores ao método analítico (0,001 mg/L), não podendo ser afirmado que os resultados obtidos estão de acordo com o limite determinado pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (0,0002 mg/L).

- Níquel Total

  As concentrações de níquel total apresentaram-se nas águas salinas inferiores ao limite determinado pela Resolução Conama 357/05 (a qual estabelece uma concentração de 0,025 mg/L para águas salinas classe1), exceto nas águas superficiais do ponto B3 (0,03 mg/L) e nas águas do fundo no ponto B4 (0,03 mg/L).

  O valor de níquel total no ponto B1 também apresentou-se inferior ao limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salobras classe 1 (0,025 mg/L).

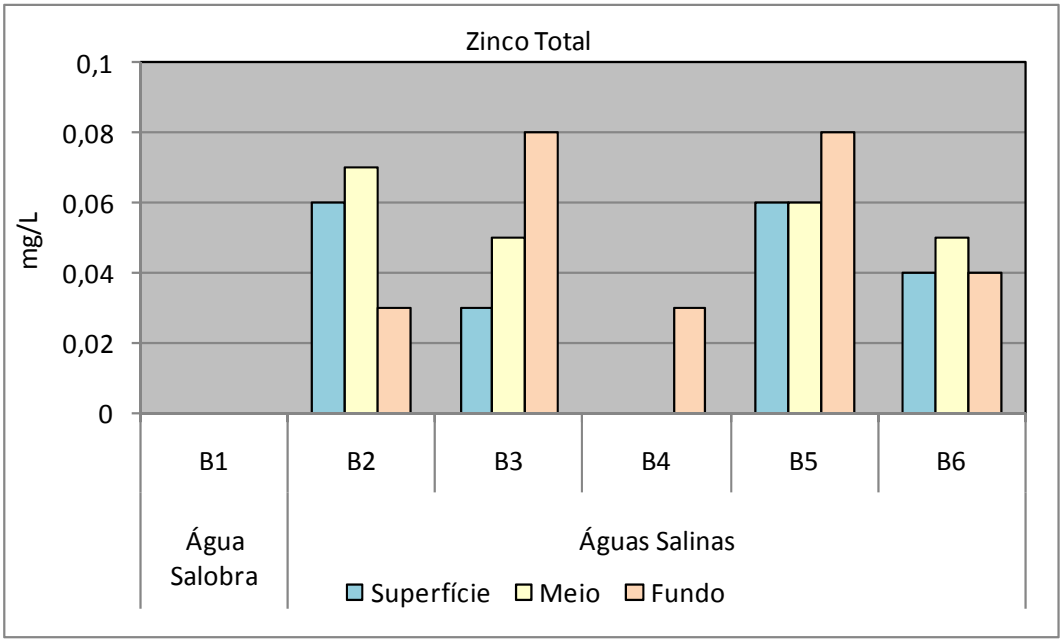
GRÁFICO 10.1.8.1.2-35: Níquel Total nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Zinco Total

  Em todos os pontos de amostragem, obtiveram-se concentrações de zinco total abaixo do limite determinado pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (inferiores a 0,09 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-36: Zinco nas Águas – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



e) Variáveis Orgânicas

Os compostos orgânicos liberados no meio ambiente possuem uma ampla faixa de tamanhos e de grupos funcionais, sendo essa última de especial importância por determinar a reatividade e a aplicabilidade desses compostos.

Dentre os compostos orgânicos, se destaca o conjunto de Substâncias Tóxicas Poluentes (STP) a qual corresponde, entre outras, as bifenilas policloradas - PCBs, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - PAHs e também compostos orgânicos de metais. Apresentam como características a alta hidrofobicidade, a baixa reatividade no meio ambiente e a grande tendência para bioconcentrar-se nos tecidos dos organismos vivos (Schwarzenbach, 1995).

O primeiro tratado global para a eliminação das substâncias tóxicas persistentes foi resultado da Convenção de Estocolmo, realizada em 2001. Na ocasião, foram selecionadas doze substâncias conhecidas como Poluentes Orgânicos Persistentes (POP) que, juntamente com outras substâncias que satisfazem os critérios de persistência e toxicidade, compõem o grupo mais abrangente das STP.

Os PAHs e os PCBs fazem parte do grupo dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) frequentemente detectados em áreas costeiras. Causam preocupação no manejo de sedimentos oriundos das dragagens de manutenção e aprofundamento dos canais de navegação de regiões portuárias. (Fillman et al, 2007), pois são transportados por longas distâncias pelo ar, por correntes oceânicas e pelos rios, alcançando regiões muitas vezes afastadas de suas fontes.

Uma das características principais desses compostos é sua alta estabilidade química no ambiente, conferindo-lhes longas meias-vidas no ar, no solo, nos sedimentos e na biota. Têm propriedade lipofílica e, portanto, tendem a bioacumular nos tecidos e órgãos dos organismos de níveis tróficos mais elevados.

As propriedades hidrofóbicas e a baixa solubilidade dos POPs fazem com que esses compostos tenham maior afinidade com o material particulado presente nos ambientes marinhos, tendendo a se depositar juntamente nos sedimentos (Oren et al., 2006 apud Fillman et al., 2007).

Os compostos orgânicos também podem ser classificados em termos de volatilidade, compondo dois grupos principais – os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) que incluem os solventes aromáticos (BETX), e os Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (SVOCs), correspondendo aos PAHs e os fenóis. Os PCBs entram na categoria dos não voláteis.

- Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs)

  Os solventes aromáticos são hidrocarbonetos voláteis, representados principalmente pelo benzeno, etil-benzeno, tolueno e xileno (BETX), que consistem nos produtos de maior manipulação pelo setor industrial. O benzeno, além de atuar como solvente, é um composto intermediário na síntese de detergentes, pesticidas, entre outros compostos.

  Os solventes aromáticos podem ser encontrados nos efluentes de terminais de granéis líquidos e de indústrias petroquímicas. Há, também, uma contribuição difusa desses solventes a partir de pequenas fontes que estocam e consomem combustíveis em geral, incluindo postos de gasolina, pátios de lavagem de máquinas e caminhões, marinas, entre outras.

  Nos pontos amostrados, todos os resultados das análises de benzeno, etilbenzeno, e tolueno foram inferiores ao limite de detecção do método analítico (<0,01 mg/L), estando em consonância com o limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas e salobras classe 1 (0,7 mg/L, 0,03 mg/L e 0,22 mg/L, respectivamente).

- Compostos Orgânicos Semi – Voláteis (SVOCs)

  Os SVOCs caracterizam-se por apresentar baixa solubilidade em água, e, quando dissolvidos, são rapidamente degradados por foto-oxidação, processo o qual é acelerado sob condições de altas temperaturas, oxigênio dissolvido e incidência de radiação solar. Por esse motivo, a concentração desses compostos geralmente demonstra-se menor na coluna d'água.

- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - PAHs

  O grupo dos PAH abrange compostos com dois ou mais anéis aromáticos fundidos, podendo ser divididos em dois subgrupos: compostos de baixo peso molecular, formados por dois e três anéis aromáticos (antraceno, acenafteno, acenaftaleno, fluoreno, naftaleno e fenantreno), e os de alto peso molecular com quatro, cinco e seis anéis (pireno, fluoranteno, benzo(a)e antraceno).

  As concentrações de PAHs nos pontos amostrados foram inferiores ao limite de detecção da metodologia adotada para cada variável (<0,00015 mg/L).

- Fenóis Totais

  Os compostos fenólicos abrangem uma variedade de substâncias orgânicas em função do número de grupos hidroxila ligados ao anel aromático. São produzidos em diversos processos industriais, como refinarias e indústrias químicas, no processamento de madeira e de carvão.

  Aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes domésticos e industriais, sendo tóxicos em concentrações de 1 a 10 mg/L afetando principalmente a fauna aquática. O padrão de concentração de fenóis totais estabelecido pela Resolução Conama 357/05 é de 0,003 mg/L para águas as salinas e salobras classe 1. Todos os resultados obtidos encontram-se inferiores a 0,0020 mg/L.

- PCBs - Bifenilas Policloradas

  Os PCBs são produtos sintéticos utilizados principalmente pela indústria elétrica como fluído termoelétrico em transformadores e capacitores. O uso dos PCBs foi banido nos anos 80, porém uma grande quantidade de equipamentos os quais contêm esses compostos permanece em uso, constituindo assim fontes potenciais de contaminação para o meio ambiente e consequentemente para o ecossistema aquático (Fillman et al., 2007).

  Tais compostos são introduzidos nos sistemas hídricos por lixiviação dos depósitos de resíduos e de solos contaminados, por lançamentos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, por deposição atmosférica na superfície dos corpos d'água ou nos solos e na vegetação por posterior transporte pelas águas de chuva, atingindo assim as drenagens superficiais, rios, estuários e o mar.

  A afinidade desse poluente por partículas de pequena dimensão facilita seu transporte em suspensão na água, bem como sua concentração em organismos filtradores, causando também problemas crônicos em peixes.

  O padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05 é de 0,003 mg/L para águas as salinas e salobras classe 1 quanto as concentrações de fenóis totais. Todos os resultados obtidos encontram-se inferiores a 0,000010 mg/L.

- Surfactantes aniônicos

  Os surfactantes aniônicos são os principais constituintes dos detergentes sintéticos, tendo diversas utilizações industriais e domésticas. Esses surfactantes são os causadores de espuma nos corpos d'águas, os quais podem afetar as propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente e permanecerem no meio por extenso período.

  Os resultados de surfactantes aniônicos nas águas salinas demonstraram-se inferiores ao limite de quantificação (< 0,10 mg/L), com exceção das águas superficiais e do meio da coluna d`água no ponto B3 (0,11 mg/L) e nas águas obtidas no meio da coluna d`água no ponto B4 (0,13 mg/L).

  No ponto B1, a concentração de surfactantes aniônicos demonstrou-se inferior ao limite de quantificação (<0,10 mg/L).

  A Resolução Conama 357/05 não estabelece limite para essa variável quanto às águas salinas e salobras classe 1.

f) Testes de Toxicidade Crônica

Realizou-se testes de toxicidade crônica com as amostras de água obtidas em todos os pontos de coleta utilizando-se o organismo-teste *Lytechinus variegatus*, através da determinação da presença ou ausência de toxicidade crônica das amostras testadas. Apresentaram toxicidade crônica: as águas da superfície e do meio da coluna d`água no ponto B2 e as águas do fundo no ponto B3, pontos localizados próximos à praia do Guaiúba; e as águas no meio da coluna d`água no ponto B6, ponto localizado próximo à Ponto do Munduba.

Qualidade do Sedimento

Os resultados da qualidade do sedimento são apresentados nos **Quadros 10.1.8.1.2-11** e **10.1.8.1.2-12**.

QUADRO 10.1.8.1.2-11: Resultados das Análises Granulométricas do Sedimento – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

Classificação	Porcentagem (%)					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Areia Muito Grossa (2,0 mm)	0	0	0	0	0	0
Areia Grossa (1,0 mm)	0,5	0	0	0	0	0
Areia Média (0,5 mm)	1	0	0	0	0	0,6
Areia Fina (0,25 mm)	39,2	61,8	44,1	25,6	2,9	5,1
Areia Muito Fina (0,10 mm)	20,4	34,5	51,7	38,2	9,1	15,5
Silte (0,05 mm)	15,5	2,3	2,4	17,1	55,1	46
Argila (0,002 mm)	23,4	1,4	1,8	19,1	32,9	32,8

QUADRO 10.1.8.1.2-12: Resultados das Análises da Qualidade do Sedimento – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

Variáveis	Unidade	Valor Alerta	Valores Obtidos					
			B1	B2	B3	B4	B5	B6
Carbono Orgânico Total	%	10	7	0,71	0,85	1,3	6,7	3,9
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800	1.389,7	371,4	619,1	814,1	1.205,1	2.569,8
Fósforo Total	mg/kg	1.616	921	231	359	503	812	1.565

A seguir apresenta-se para cada variável a análise geral dos resultados, estabelecendo-se por meio de representação gráfica uma comparação entre os pontos de coleta situados no rio Icanhema no e trecho *offshore* , sendo indicado nos gráficos os Valores de Alerta determinados pela Resolução Conama 344/04 para materiais a serem dragados em águas jurisdicionais.

- Análise Granulométrica

  Os sedimentos analisados no rio Icanhema e trecho *offshore* foram compostos por areia fina (0,25 mm) à silte (0,05 mm).

  O ponto de amostragem B1 apresentou sedimentos compostos predominantemente por areia fina (39,2 %), o que pode estar associado à velocidade reduzida do rio Icanhema.

O ponto de amostragem B2, localizado na zona intermareal da praia do Guaiúba, também apresentou sedimentos compostos predominantemente por areia fina (61,8 %), fator que pode estar associado à ação de ondas na praia do Guaiúba.

Os pontos B3 e B4 apresentaram sedimentos compostos por areia muito fina (51,7 e 38,2 %, respectivamente) eos pontos B5 e B6 apresentaram sedimentos compostos predominantemente por silte (55,1 e 46,0 %, respectivamente), ressaltando que esses pontos localizam-se mais proximamente do antigo ponto de descarte de materiais dragados do porto.

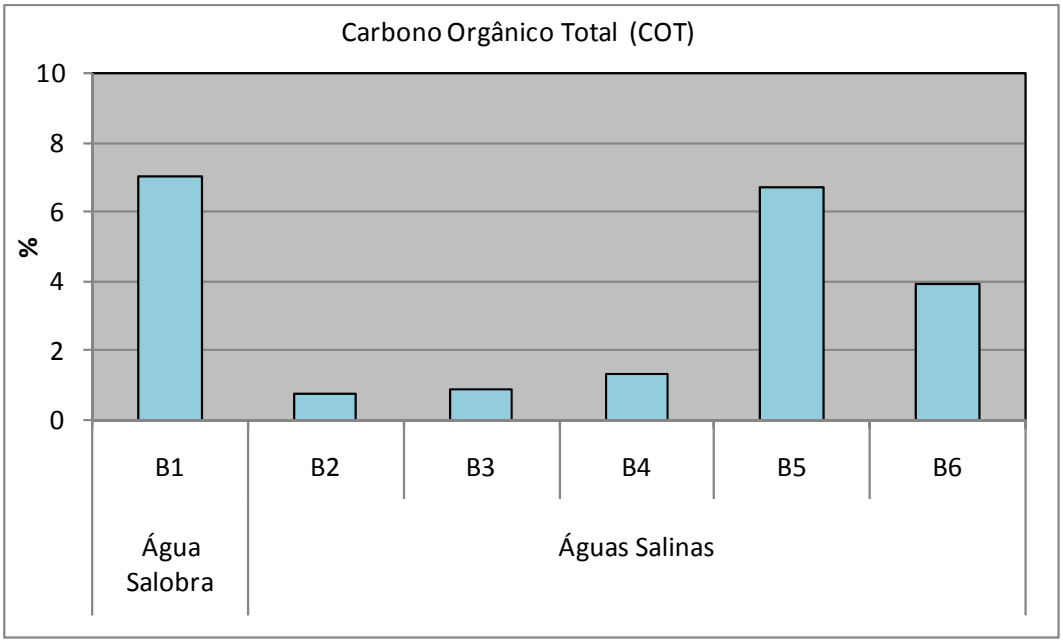
- Carbono Orgânico Total

Com relação aos pontos B2 à B6, os resultados de carbono orgânico total variaram de 0,71 a 6,7 %, sendo detectadas as maiores concentrações nos pontos B5 e B6, locais que apresentaram sedimentos compostos predominantemente por siltes, já que partículas mais finas tendem a apresentar maior taxa de adsorção de matéria orgânica.

O ponto de coleta B1 apresentou alto teor de carbono orgânico total no sedimento (7%), o que pode estar relacionado com as áreas de mangue e com os efluentes urbanos e portuários.

Todos os resultados obtidos encontram-se abaixo do Valor de Alerta estabelecido pela Resolução Conama n° 344/04 (10%).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-37: Concentrações de Carbono Orgânico Total nos sedimentos – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)

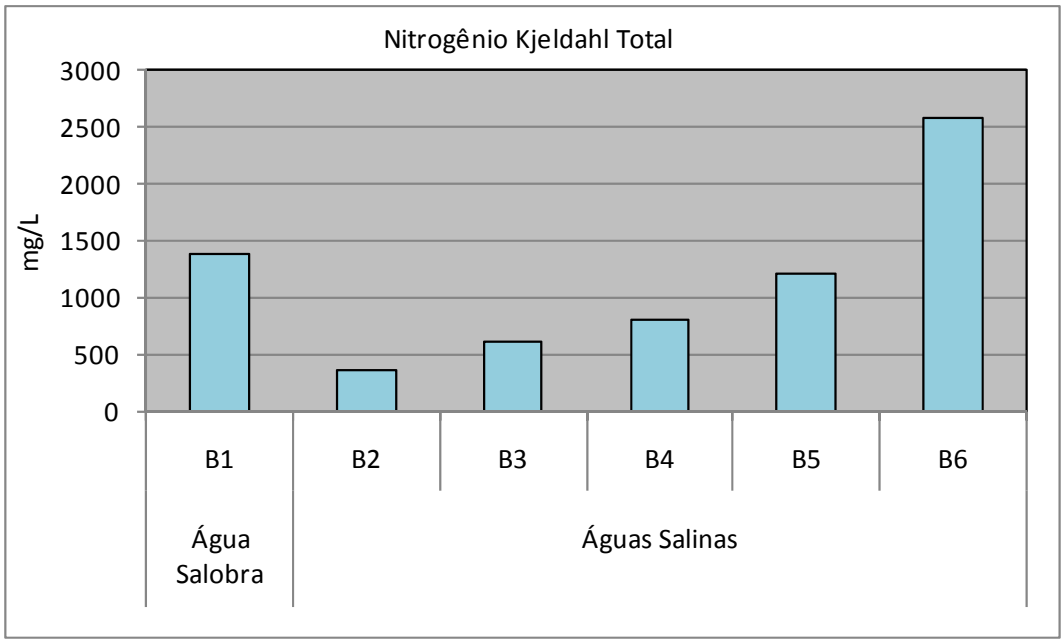


- Nitrogênio Kjeldahl Total

Nos pontos B2 a B6, os resultados de nitrogênio Kjeldahl total oscilaram de 619,1 a 2.569,8 mg/kg, sendo obtida a menor concentração no ponto B3 e a maior concentração no ponto B6, local que além de apresentar sedimentos siltosos, localiza-se próximo ao antigo ponto de descarte de materiais dragados do porto.

O ponto B1 apresentou a segunda maior concentração de nitrogênio Kjeldahl em toda rede amostral (1.389,7 mg/kg) sugerindo que esse ponto seja influenciado por insumos orgânicos. Todos os resultados obtidos apresentaram-se abaixo do valor de alerta determinado pela Resolução Conama 344/04 para materiais a serem dragados (4.800 mg/kg).

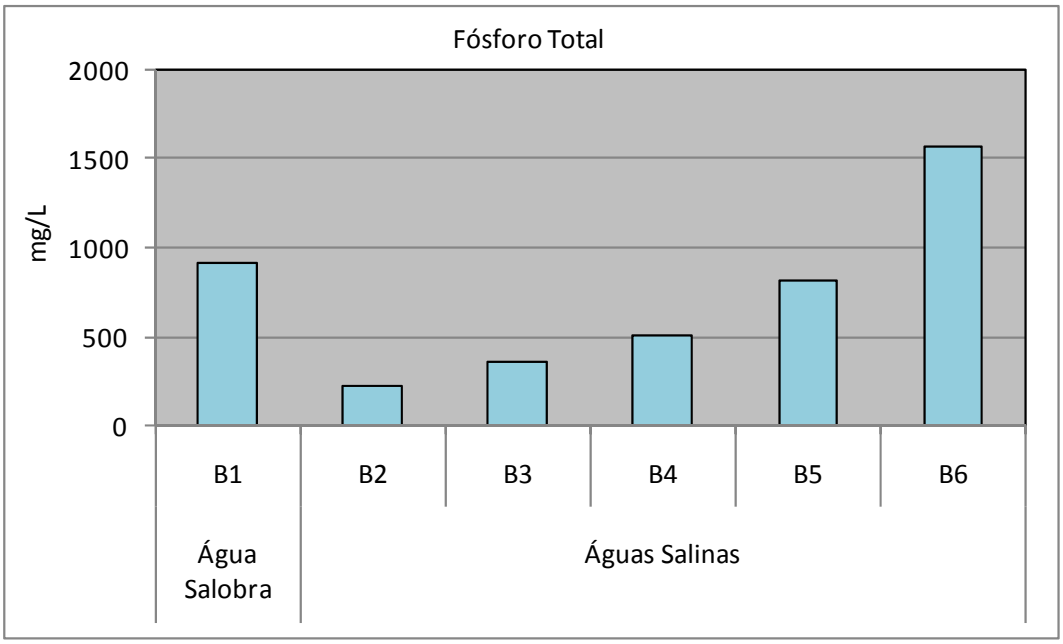
GRÁFICO 10.1.8.1.2-38: Concentrações de Nitrogênio Kjeldahl nos sedimentos – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



- Fósforo Total

Nos pontos B2 a B6, os resultados de fósforo variaram de 231 a 1.565 mg/kg, sendo obtida a menor concentração no ponto B2 e a maior concentração no ponto B6, local que além de apresentar sedimentos siltosos, possa estar sob a influência do antigo ponto de descartes de matérias dragados do porto. Todos os resultados obtidos apresentaram-se inferiores ao valor de alerta determinado pela Resolução Conama 344/04 para materiais a serem dragados (1.616 mg/kg).

GRÁFICO 10.1.8.1.2-39: Concentrações de Fósforo Total – rio Icanhema (B1) e trecho *offshore* (B2 a B6) (Jan/10)



10.1.8.1.3 Conclusões

A avaliação da qualidade das águas do rio Icanhema e do trecho *offshore* indicou ambiente com características ligeiramente alcalinas, níveis de cor e turbidez moderados, e teores de oxigênio dissolvido satisfatórios para a manutenção da fauna aquática, em especial na camada superficial dos pontos analisados.

Constataram-se baixos índices de metais nas águas, ocorrendo extrapolações dos limites impostos pela legislação vigente apenas para o ferro dissolvido e alumínio dissolvido, ambos em um único ponto, além de índices baixos de coliformes termotolerantes e de fósforo total.

Como fatores desfavoráveis à qualidade da água nos trechos analisados, destacam-se os elevados teores de carbono orgânico, devido ao aporte de cargas poluidoras de origem orgânica.

Em termos ecotoxicológicos merece destaque a toxicidade crônica detectada nos pontos B2, B3 e B6, em especial no compartimento de fundo, podendo estar associados os efeitos tóxicos observados a substâncias presentes no sedimento.

Os resultados das análises dos nutrientes, carbono orgânico total, nitrogênio kjeldahl total e fósforo total nos sedimentos estiveram abaixo do valor alerta estipulado pela Resolução Conama n° 344/04.

Ressalta-se que os níveis obtidos de nutrientes indicam sinais de moderada contaminação nos sedimentos, em especial, nos pontos B1, B5 e B6. Os pontos B2 e B3 obtiveram menores concentrações de nutrientes, indicando menor influência antropogênica nestes locais.

10.1.8.2 Rio Tietê (município de Anhembi)

A avaliação da qualidade das águas superficiais e do sedimento no rio Tietê (município de Anhemb – braço do reservatório de Barra Bonita) onde será instalado o porto fluvial do empreendimento nas margens do local no qual será implantado o terminal Anhembi foi pautado em informações secundárias e em dados primários coletados nesse corpo d'água.

Esses dados foram complementados com uma campanha de campo em dezembro de 2009, no início do período chuvoso.

Vários estudos conduzidos nas últimas décadas no reservatório de Barra Bonita, entre os quais Matsumura-Tundisi (1990), Calheiros (1993), Novo e Braga (1995), Wisniewski (1998), Calijuri (1999), demonstram que as águas no local apresentam um alto nível de eutrofização.

Esse processo tem ocorrido porque Barra Bonita é um reservatório antigo, suscetível à poluição e ao assoreamento acelerado resultantes da intensa atividade agrícola e industrial associada ao cultivo de cana-de-açúcar que ocorre nessa região, e por esgotos domésticos lançados pontualmente pelas cidades de Barra Bonita e Igaraçu do Tietê.

A qualidade das águas dessa represa é influenciada diretamente pelos seus dois principais formadores, os rios Piracicaba e Tietê, que integram as bacias hidrográficas Piracicaba/Capivari/Jundiaí (BHPCJ) e Tietê/Sorocaba (BHTS), pertencentes às Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 05 (Piracicaba/Jundiaí/Capivari) e Ugrhi 10 (Sorocaba/Médio Tietê), respectivamente.

Esses rios recebem uma carga de materiais orgânicos e inorgânicos acima de sua capacidade de assimilação e transportam a esse reservatório resíduos de origem agrícola, descargas domésticas e industriais geradas nos grandes centros urbanos localizados a montante. Pelo fato de Barra Bonita ser o primeiro reservatório em cascata situado no rio Tietê, suas águas tornam-se receptoras desse fluxo de poluentes, atuando como uma lagoa de estabilização.

De acordo com os monitoramentos realizados pelo Programa de Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas nos anos de 2007 e 2008 no reservatório de Barra Bonita, o maior nível de transparência foi registrado próximo a barragem. A turbidez e os teores de sólidos obtidos são compatíveis com a Resolução Conama nº 357/2005 para águas doces classe 2.

Foram detectados déficits de oxigênio na maioria das amostragens ao longo do período monitorado, evidenciando-se concentrações de fósforo total e de metais como cobre, zinco e níquel acima do limite estabelecido pela legislação vigente.

A seguir, descrevem-se o método de coleta e análise de dados adotada no presente estudo (item 10.1.8.2.1) e os resultados obtidos (item 10.1.8.2.2).

10.1.8.2.1 Método de Trabalho

As atividades de campo no rio Tietê (município de Anhembi) foram conduzidas após uma etapa de planejamento prévio, na qual se definiu a rede de amostragem, as variáveis selecionadas e o método de coleta, de preservação de amostras de água e de sedimentos e análise em laboratório.

Rede de Amostragem

CONCEPÇÃO

A rede de amostragem definida para caracterização do sistema aquático foi determinada a partir da localização das principais estruturas do Projeto Uniduto no rio Tietê (município de Anhembi), no caso o porto fluvial, passíveis de promoverem alterações no sistema hídrico, subsidiando dessa forma a análise de impactos ambientais previstos nas etapas de implantação e de operação do empreendimento.

Nesta campanha, estabeleceram-se quatro pontos de coleta situados nas proximidades do porto fluvial e do rio Tietê, posicionados na margem direita deste rio, do lado oposto da cidade de Anhembi.

O trecho amostrado localiza-se próximo à ponte da rodovia Samuel de Castro Neves (SP-147), que interliga os municípios de Anhembi e Piracicaba, conforme apresentado a seguir no **Quadro 10.1.8.2.1-1** e no **Anexo 17.V-2** – Mapa de Hidrografia e Qualidade das Águas Superficiais – AID-ADA.

A nomenclatura adotada para os pontos (B1 a B4) indica a ordem numérica crescente segundo o fluxo d'água do reservatório, de montante para jusante. Ressalta-se que a rede de amostragem é a mesma definida para a coleta de invertebrados bentônicos, permitindo uma análise integrada dos meios físico e biótico (item 10.2.3.2**.** Invertebrados Bentônicos). As coordenadas em campo foram ajustadas em relação à Licença de Coleta protocolada pelo Ibama sob o nº 02027.00135/2009-45, emitida em 04 de novembro de 2009 (**Anexo 17.XII-1**), sobretudo em relação ao ponto B3, o qual foi deslocado a jusante devido à presença de balsas do terminal intermodal de cargas da hidrovia Tietê-Paraná.

QUADRO 10.1.8.2.1-1: Rede de Amostragem de Qualidade da Água e de Sedimentos - rio Tietê (município de Anhembi)

Pontos	Corpo d'água	Localização	Coordenadas UTM 23K UTM (SAD 69)	
			X	Y
B1	rio Tietê (município de Anhembi)	A montante do empreendimento e da ponte da SP 147	179.383,18	7.477.196,53
B2	rio Tietê (município de Anhembi)	No limite a montante da área do terminal Anhembi e a jusante da ponte da SP-147	179.167,47	7.477.476,83
B3	rio Tietê (município de Anhembi)	No limite a jusante da área do terminal Anhembi	178.820,83	7.477.835,61
B4	rio Tietê (município de Anhembi)	A jusante do empreendimento	178.506,89	7.478.162,55

A localização dos pontos de amostragem de água e de sedimento no rio Tietê (município de Anhembi) está apresentada no Mapa de Hidrografia e de Qualidade das Águas Superficiais (**Anexo 17.V-2**).

Caracterização dos Pontos de Amostragem

A campanha de qualidade das águas superficiais e de sedimentos no rio Tietê (município de Anhembi) foi realizada no dia 03 de dezembro de 2009, em transição da época seca para chuvosa, coincidindo com a coleta de invertebrados bentônicos. O acesso aos pontos amostrais foi realizado por meio de barco a partir do núcleo urbano de Anhembi.

Previamente à obtenção de amostras, foram realizadas observações gerais, incluindo data e horário da coleta, condições predominantes do tempo, largura e profundidade aproximada do corpo d'água, transparência (disco de Secchi), medições diretas de variáveis físico-químicos da água na superfície e no fundo (sonda multiparâmetros).

Também foram anotadas informações sobre estágio de preservação da mata ciliar, situação de entorno, alem de registro fotográfico, de acordo com a síntese constante no **Quadro 10.1.8.2.2-1** e a descrição a seguir apresentada.

- Ponto B1 – rio Tietê (município de Anhembi), a montante do empreendimento

Localizado a montante da ponte da rodovia Samuel de Castro Neves (SP-147), o ponto B1 representa o trecho imediatamente a jusante da foz de um tributário da margem direita da represa de Barra Bonita (**Foto 10.1.8.2.1-1)**.



FOTO 10.1.8.2.1-1: Ponto B1 – vista da ponte da Rodovia SP-147 Samuel de Castro Neves, sobre o rio Tietê no município de Anhembi

A mata ciliar nesse trecho é praticamente inexistente. As águas do reservatório são potencialmente receptoras de insumos agrícolas aplicados nas lavouras de cana-de-açúcar e também de resíduos sólidos e de efluentes líquidos gerados na cidade de Anhembi, situada na margem oposta. Durante a coleta, as águas apresentavam coloração marrom, sendo observados bancos de macrófitas aquáticas e acúmulo de lixo flutuante nas margens, propiciado pela baixa velocidade de corrente **(Foto 10.1.8.2.1-2)**.



FOTO 10.1.8.2.1-2: Ponto B1 – grande quantidade de resíduos sólidos acumulada em área remansada na margem do reservatório

PONTO B2 – RIO TIETÊ (MUNICÍPIO DE ANHEMBI), A MONTANTE DO EMPREENDIMENTO

Este ponto situa-se logo após a passagem da ponte da rodovia Samuel de Castro Neves, mostrando as condições do reservatório imediatamente a montante da área definida para a implantação do rio Tietê (**Fotos 10.1.8.2.1-3** e **10.1.8.2.1-4**).



FOTO 10.1.8.2.1-3: Ponto B2 – rio Tietê (município de Anhembi) a jusante da ponte da rodovia SP 147 Samuel de Castro Neves



FOTO 10.1.8.2.1-4: Ponto B2 – vista do terminal de cargas da hidrovia Tietê-Paraná

A mata ciliar encontra-se alterada na margem direita, estando totalmente suprimida na margem esquerda, nas proximidades da cidade de Anhembi. As características do corpo d'água e de correnteza são similares ao Ponto B1, com coloração marrom, correnteza fraca e presença de bancos de macrófitas aquáticas nas margens. Constatou-se menor quantidade de lixo nesse local.

PONTO B3 – RIO TIETÊ (MUNICÍPIO DE ANHEMBI), A JUSANTE DO EMPREENDIMENTO

Esse ponto está localizado imediatamente a jusante do limite da área do projeto do rio Tietê e também da foz de uma drenagem intermitente. Nesse trecho, são encontradas inúmeras balsas destinadas ao transporte de cargas a partir do terminal intermodal de carga da hidrovia Tietê-Paraná (**Fotos 10.1.8.2-5** e **10.1.8.2-6**).



FOTO 10.1.8.2.1-5: Ponto B3 – balsa no terminal intermodal de cargas; nota-se o desenvolvimento de macrófitas aquáticas e o acúmulo de resíduos sólidos



FOTO 10.1.8.2.1-6: Ponto B3 – a mata ciliar encontra-se preservada na margem direita

De acordo com levantamento realizado em campo, a mata na margem direita encontra-se preservada, observando-se acúmulo de resíduos sólidos em remansos. A água assume coloração marrom e fraca correnteza. Constatou-se também a presença de bancos de macrófitas aquáticas flutuantes nesse local.

PONTO B4 – RIO TIETÊ (MUNICÍPIO DE ANHEMBI) , A JUSANTE DO EMPREENDIMENTO

Esse ponto está situado imediatamente a jusante do rio Tietê e da sequência de balsas do terminal intermodal de cargas (**Fotos 10.1.8.2.1-7** e **10.1.8.2.1-8**). Nesse trecho, a mata ciliar da margem direita encontra-se preservada, no entanto, foi observada grande quantidade de resíduos em suspensão na água, provavelmente resultante da operação das balsas. As águas apresentam coloração marrom, mantendo correnteza fraca. Neste local também foi notada a presença de macrófitas aquáticas flutuantes.



FOTO 10.1.8.2.1-7: Ponto B4 – nota-se grande quantidade de detritos em suspensão nas águas



FOTO 10.1.8.2.1-8: Ponto B4 – destaque para o acúmulo de lixo nas margens

Método de Coleta e Preservação de Amostras

Em cada ponto de coleta, tomaram-se amostras de água com frascos mergulhados entre 15 a 30 cm abaixo da superfície, visando a realização de análises físicas, químicas, bacteriológicas e toxicológicas. As alíquotas coletadas foram transferidas para frascos específicos, sendo devidamente preservadas conforme padrões estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 21ª edição.

Em seguida, os frascos foram acondicionados em caixas isotérmicas com gelo e mantidos sob refrigeração durante o período de transporte até o laboratório em São Paulo, no qual se verificou a integridade das embalagens e das condições de armazenamento. Posteriormente, as amostras foram registradas em sistema computadorizado, codificadas e, quando aplicável, mantidas em câmara frigorífica a 4-10º C.

Para as análises de clorofila-a/feofitina e metais dissolvidos, as amostras foram filtradas até 24h após a coleta, em filtro Millipore específico. Para os testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphinia dubia,* as alíquotas de cada amostra foram congeladas a 20ºC negativos e mantidas nessa condição até início do teste.

Realizou-se a coleta de sedimentos no rio Tietê (município de Anhembi) com o auxílio de draga de Eakman. Após a coleta, o material dragado foi acondicionado em sacos plásticos e armazenado em caixas térmicas com temperatura inferior a 4ºC, ao abrigo de luz, durante todo transporte ao laboratório, mantendo-se sob congelamento até o início das análises.

- **Variáveis Analisadas**

  - Águas Superficiais

    Com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas superficiais nas áreas de influência do empreendimento, foi analisado um conjunto de variáveis usualmente empregadas nesses tipos de estudo com base na listagem de parâmetros definida pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2, além de análises que refletem prováveis fontes de poluição desse sistema hídrico.

Em todos os pontos de coleta, foram também analisadas variáveis orgânicas mais prováveis de serem detectadas no rio Tietê (município de Anhembi), a partir de estudos realizados na região, compreendendo compostos orgânicos voláteis (BETX), semi-voláteis (fenóis totais e PAHs), PCBs e surfactantes aniônicos.

Os testes de ecotoxicidade foram aplicados à totalidade das amostras de água superficial, utilizando-se o organismo zooplanctônico Ceriodaphinia dubia, usualmente adotado como padrão pelo órgão ambiental no Estado de São Paulo. Este teste visa determinar a toxicidade crônica das amostras com base na sobrevivência (% de mortalidade) e reprodução (relação jovens/adultos) dessa espécie após um período de sete dias de exposição, segundo Norma ABNT NBR 13373 (2005).

Todas as análises realizadas estiveram a cargo dos laboratório CORPLAB BRASIL, credenciado pelo Inmetro. Os laudos analíticos são apresentados no **Anexo 17.XII-2.2 – Laudos Laboratoriais - Anhembi**, incluindo relatório técnico específico do teste de toxicidade crônica. No **Anexo 17.XII-2.4** são apresentados os **Quadros 10.1.8.2.1-2** e **10.1.8.2.1-3** nos quais estão relacionadas as variáveis analisadas no presente estudo, incluindo os métodos analíticos empregados em laboratório e os respectivos limites de detectação (LD).

Os resultados foram interpretados segundo os valores determinados pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2, como é o caso desse trecho do rio Tietê.

- Sedimentos

A seleção de variáveis para análise qualitativa dos sedimentos foi direcionada para análise de nutrientes tendo em vista estalecer relações com os resultados de fauna de invertebrados bentônicos (ver Capítulo 10.2.3.2. Invertebrados Bentônicos).

Nesse sentido, avaliou-se também a distribuição granulométrica dos sedimentos, sendo utilizadas peneiras com aberturas de diâmetros entre 2000mm e 0,063mm. A análise de distribuição granulométrica de massa, segundo intervalos definidos pela escala de Wentworth, é realizada conforme procedimento analítico do laboratório.

Os resultados foram analisados à luz da Resolução Conama 344/04, segundo o Valor Alerta, cujo conceito varia conforme a legislação: a federal indica a concentração acima do qual representa a possibilidade de causar prejuízos ao ambiente na área de disposição; a estadual refere-se à concentração de determinada substância que indica uma possível alteração da qualidade natural do solo.

No **Quadro 10.1.8.2.1-4** estão relacionadas as variáveis analisadas nos sedimentos, incluindo os métodos analíticos empregados em laboratório e os respectivos limites de detectação (LD).

QUADRO 10.1.8.2.1-4: Variáveis Analisadas – Sedimentos – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

Variáveis	Unidade	L.D.(1)	Metodologia Analítica
Umidade	%	-	SM 2540
Carbono Orgânico Total	%	0,32	UV PROMOTED PERSULFATE OXIDATION
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	210,5	SM 4500-CN-C TOTAL CYANIDE AFTER DISTILLATION
Fósforo Total	mg/kg	2.000	USEPA 415.2

(1) L. D. - Limite de Detecção do método analítico

10.1.8.2.2 Resultados Obtidos

Observações Gerais de Campo

No **Quadro 10.1.8.2.2-1**, são sintetizadas as informações extraídas por meio de medições diretas, durante a coleta realizada em 03 de dezembro de 2009. Nesse dia, o tempo encontrava-se predominantemente bom, com ausência de chuvas nas últimas 24 horas.

O rio Tietê, formador do reservatório de Barra Bonita, apresenta largura em torno de 150 m em todo o trecho avaliado e profundidade variável entre 4 a 5 m. As águas mostravam turbidez relativamente elevada na superfície, com ápice de 86 UNT no ponto B2, o que resultou em pequeno grau de transparência (máximo de 40 cm).

A alta condutividade registrada nos quatro pontos de coleta, acima de 150µS/cm, evidencia aporte de efluentes líquidos ao corpo hídrico. O pH medido na superfície e na profundidade revela águas predominantemente alcalinas. Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) foram satisfatórios para a manutenção da vida aquática na maioria dos locais amostrados, exceto na camada mais profunda do ponto B1, onde o OD chegou a 3,8 mg/L, abaixo do limite mínimo preconizado pela Resolução Conama 357/05 (5,0 mg/L).

Durante a coleta, observou-se odor característico de desprendimento de sulfeto a partir de sedimentos, indicando condições predominantemente anaeróbias nas camadas mais profundas do reservatório.

Esses resultados, complementados com os dados analíticos de laboratório descritos na sequência, revelam que o rio Tietê nesse trecho encontra-se impactado pelo aporte de resíduos de origem doméstica e industrial transportados pelo rio Tietê a partir dos grandes centros populacionais existentes a montante.

Somam-se a essas cargas as fontes de poluição existentes nas imediações, com destaque para a cidade de Anhembi, situada na margem oposta, e ainda as atividades operacionais do terminal intermodal de cargas da hidrovia Tietê-Paraná, situado em frente à área definida para o empreendimento.

QUADRO 10.1.8.2.2-1: Síntese dos Registros de Campo – rio Tietê (Dez/10)

Dados de campo	B1		B2		B3		B4	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Data de Coleta	03/12/2009		03/12/2009		03/12/2009		03/12/2009	
Horário de Coleta	11:57 – 13:10		15:01 – 15:50		16:00 -16:48		16:55 – 17:40	
Condições Climáticas	Nublado		Bom		Bom		Bom	
Chuvas nas últimas 24 horas	Não		Não		Não		Não	
Largura Aproximada do Corpo d'Água (m)	150		150		150		150	
Profundidade do Corpo d'Água (m)	5		5		4		4	
Temperatura da Água (°C)	27,70	27,66	27,65	27,88	27,80	27,82	27,83	27,76

QUADRO 10.1.8.2.2-1: Síntese dos Registros de Campo – rio Tietê (Dez/10)

Dados de campo	B1		B2		B3		B4	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Transparência da Água (m)	0,40		0,30		0,30		0,28	
Turbidez (NTU)	71		86		74		69	
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	175	170	173	172	183	184	181	184
pH	7,98	7,48	8,15	8,15	7,55	7,59	7,37	7,38
Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$)	5,32	3,83	5,83	ND	5,66	5,31	5,31	5,16

ND=Não Determinado

Qualidade das Águas Superficiais

Os resultados das análises físicas, químicas e bacteriológicas realizadas em amostras de água superficial no rio Tietê (município de Anhembi) são apresentados no **Anexo 17.XII-2.6** – Resultados das análises – Anhembi - **Quadro 10.1.8.2.2-2,** enquanto que no **Quadro 10.1.8.2.2-3** são descritos os resultados das variáveis orgânicas e no **Quadro 10.1.8.2.2-4** os dados dos testes toxicológicos.

Em termos gerais, as águas refletem o aporte de sólidos gerados na bacia de drenagem da represa, como observado pelos elevados níveis de cor e de metais, especialmente alumínio, ferro e manganês, típicos da matriz geológica regional.

O uso do solo no entorno do reservatório, predominantemente agrícola, a deterioração das matas ciliares, além do fluxo de esgotos doméstico e de lixo são responsáveis também pela concentração elevada de fósforo, um dos principais elementos que desencadeiam o processo de eutrofização de mananciais.

Os efluentes domésticos elevam também os índices de coliformes termotolerantes nas águas receptoras, especialmente no ponto B1, posicionado a montante do futuro terminal.

Importante destacar a toxicidade das amostras coletadas em toda a rede amostral para *Ceriodaphinia dubia,* atestando que o sistema aquático apresenta compostos prejudiciais ao desenvolvimento da biota aquática.

Na sequência, apresenta-se para cada variável a análise geral dos resultados estabelecendo-se por meio de representação gráfica uma comparação entre os pontos de coleta situados na área de influencia do rio Tietê.

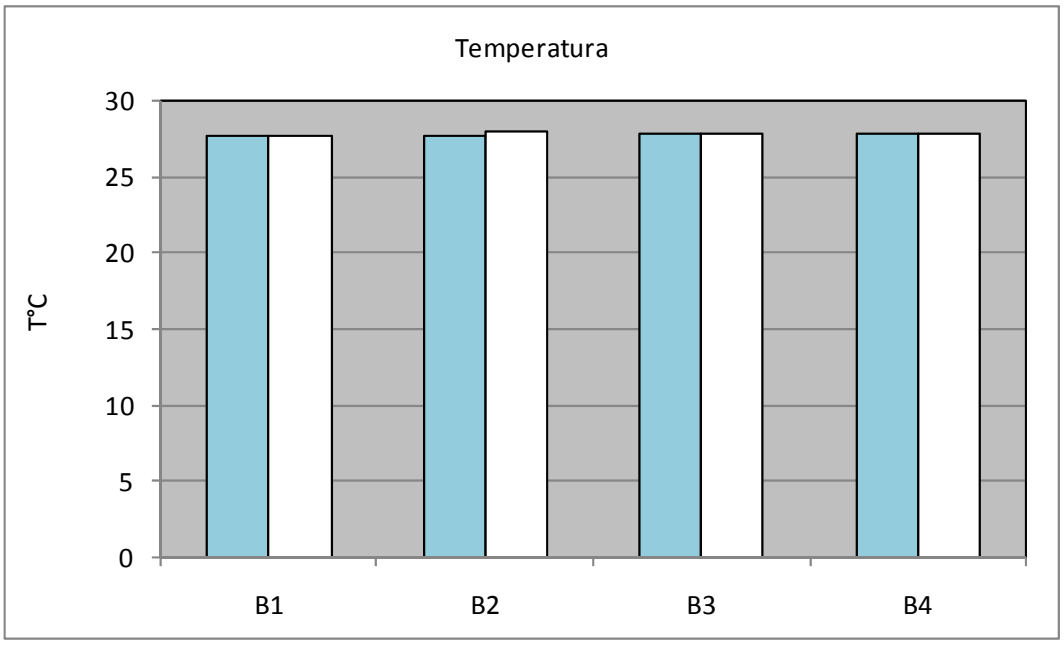
As informações destacadas em vermelho nas tabelas referem-se às concentrações que ultrapassaram os limites dos Valores Máximos Permissíveis (VMP) estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/05 para águas doces classe 2.

– Variáveis Físicas

- Temperatura

No período de coleta, a temperatura da água manteve-se praticamente constante entre 27,5 e 28 ºC, sendo influenciada principalmente pela época do ano. A pequena variação entre as medições de superfície e fundo evidencia que não há estratificação térmica no trecho avaliado. Os valores máximo e mínimo foram observados no ponto B2 no limite a montante do empreendimento, conforme **Gráfico 10.1.8.2.2-1**.

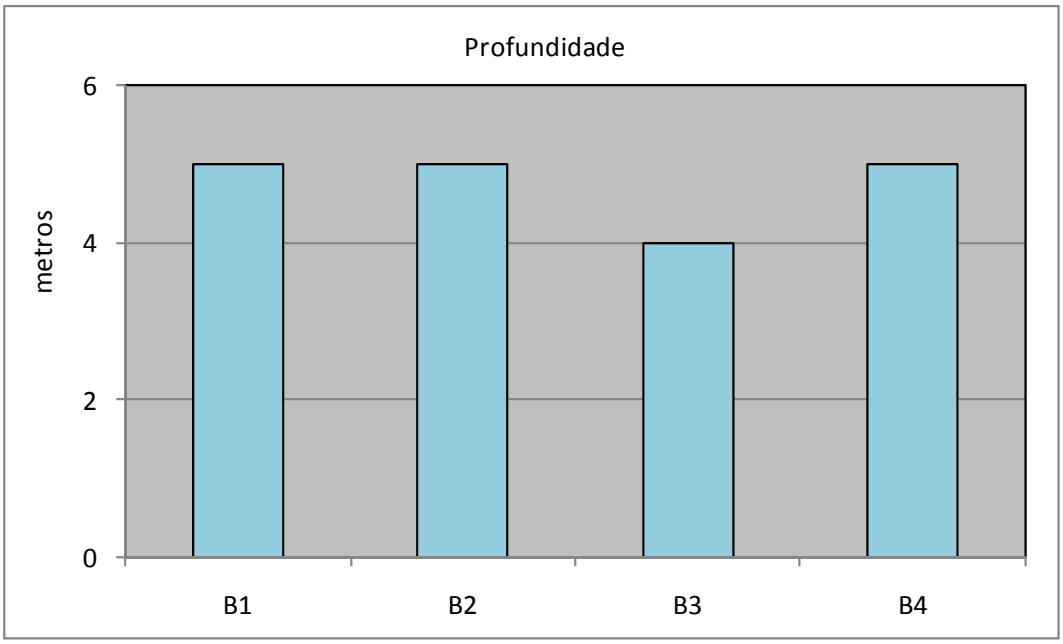
GRÁFICO 10.1.8.2.2-1: Temperatura das Águas de Superfície e Fundo – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Profundidade e Transparência da Água

Os pontos de amostragem selecionados apresentaram pouca variação de profundidade, entre 4 a 5 m, sendo ligeiramente superior a montante do empreendimento (**Gráfico 10.1.8.2.2-2**).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-2: Profundidade e Transparência das Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

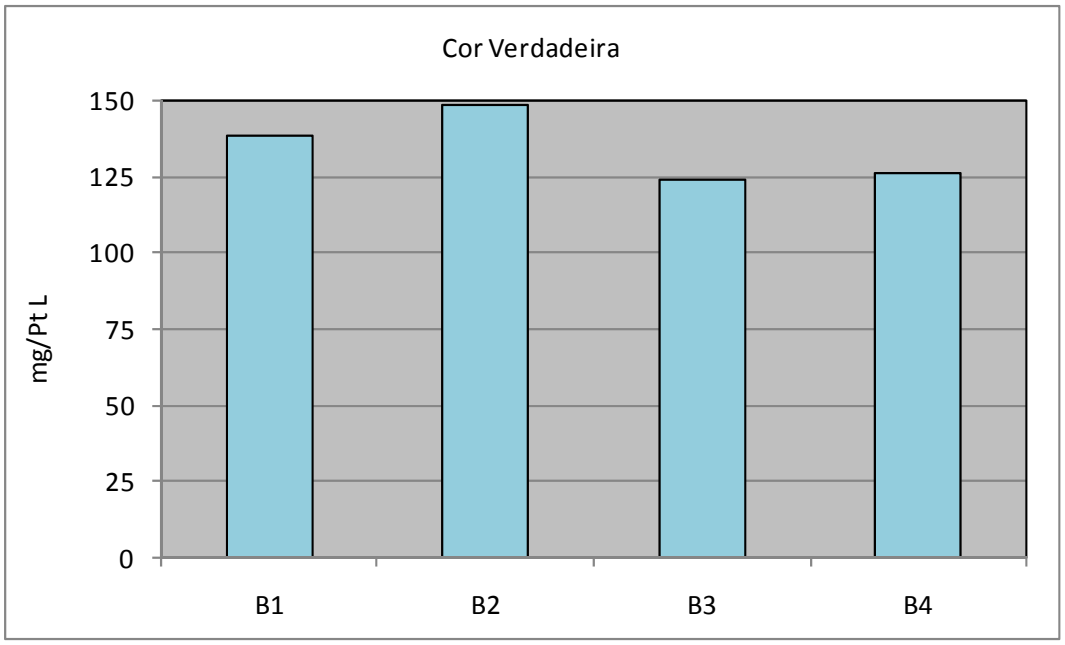


Durante a coleta, as águas do rio Tietê (município de Anhembi) apresentaram baixa transparência, obtendo-se o máximo no ponto B1 (0,4 m), valor condicionado à presença de sólidos e de detritos no corpo hídrico.

- Cor Verdadeira

A Resolução Conama 357/05 determina para a cor verdadeira o valor máximo de até 75 mg Pt/L para águas doces classe 2 como as do rio Tietê (município de Anhembi) . Conforme observado no **Gráfico 10.1.8.2.2-3**, todos os pontos amostrados apresentaram o parâmetro "cor verdadeira" acima do valor máximo permitido, na faixa entre 124 UC (ponto B3) a 148 UC (B2). Esses resultados estão relacionados à introdução de sólidos a partir da bacia de drenagem, sendo intensificados pela presença de metais como ferro e manganês.

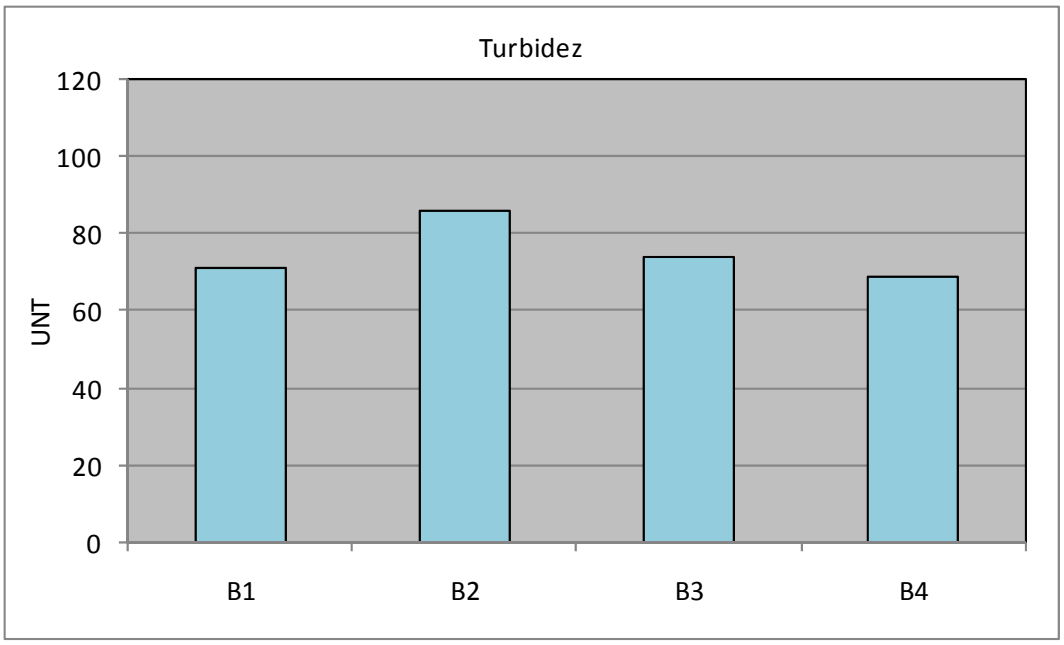
GRÁFICO 10.1.8.2.2-3: Cor Verdadeira das Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Turbidez

De forma geral, os valores de turbidez obtidos na área de influência do empreendimento variaram entre 69 e 86 UNT (**Gráfico 10.1.8.2.2-4**). Apesar da presença de resíduos diversos observados na superfície da água no momento da coleta, os valores de turbidez se mantiveram inferiores ao limite definido pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (100 UNT).

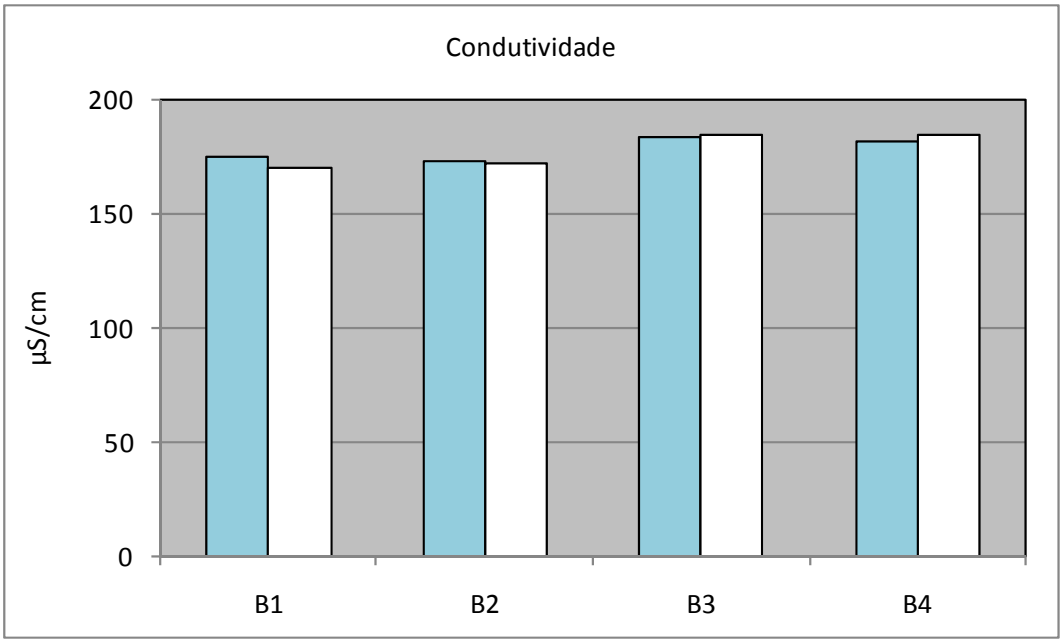
GRÁFICO 10.1.8.2.2-4: Turbidez das Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Condutividade

  De acordo com o **Gráfico 10.1.8.2.2-5**, os níveis de condutividade foram elevados em toda a rede de amostragem, o que pode ser influência da introdução de esgotos domésticos nesse braço do reservatório, oscilando entre 170 µS/cm (ponto B1 fundo) e 184 µS/cm (pontos B3 e B4 fundo). A Resolução Conama 357/05 não contempla essa variável.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-5: Condutividade das Águas de Superfície e Fundo – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

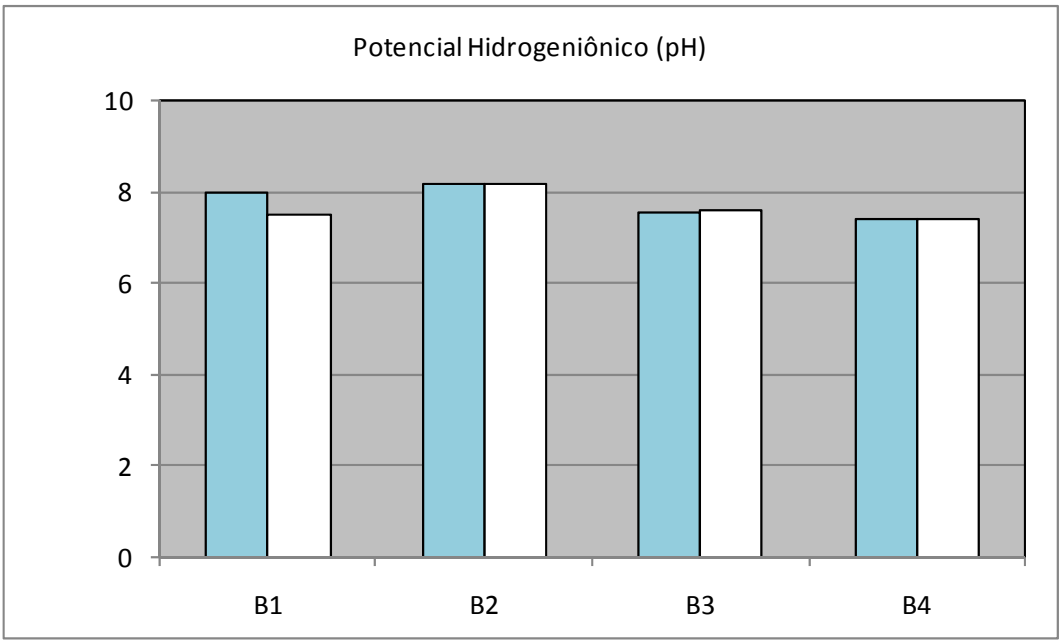


– Variáveis Químicas

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

  Todos os valores de pH obtidos na rede de amostragem do rio Tietê (município de Anhembi) se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela referida resolução, tanto na superfície quanto nas regiões mais profundas, podendo ser considerado ligeiramente alcalino (**Gráfico 10.1.8.2.2-6**). O ponto B2, localizado no limite a montante do empreendimento, apresentou os maiores valores de pH (8,15 na superfície e no fundo), em contraste com o ponto de amostragem B4, posicionado a jusante do futuro terminal, que deteve os menores valores do trecho amostrado (7,37 na superfície e 7,38 no fundo).

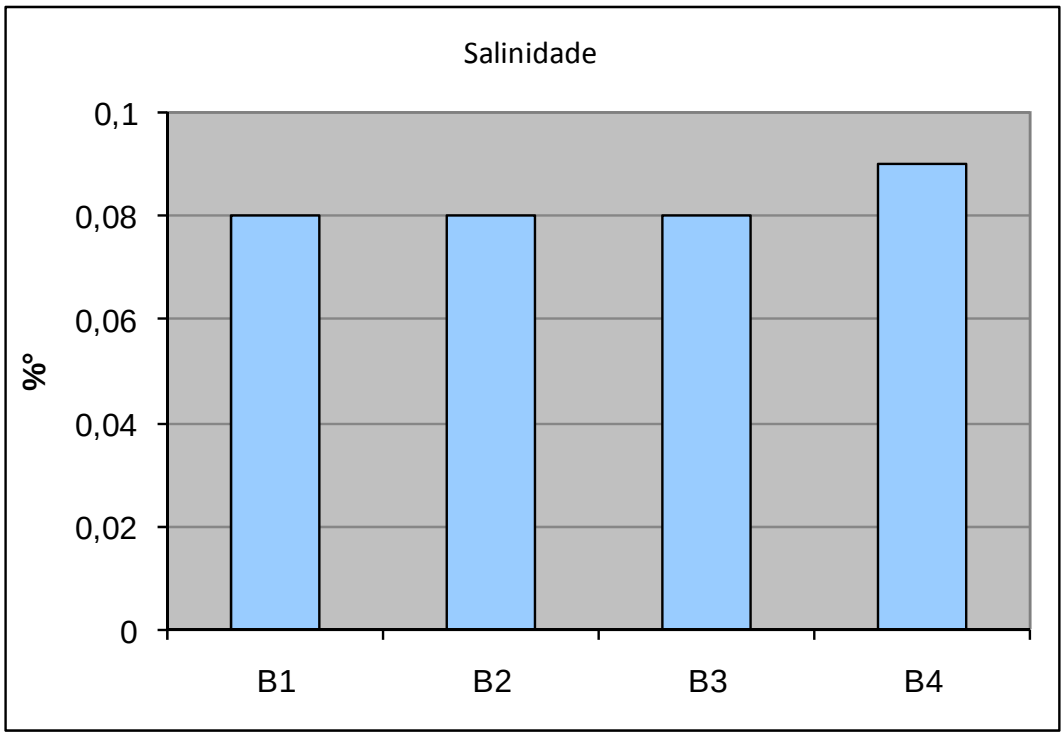
GRÁFICO 10.1.8.2.2-6: pH das Águas de Superfície e Fundo – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/10)



- Salinidade

A Resolução Conama 357/05 determina que a salinidade para ambientes dulcícolas classe 2 sejam inferiores a 0,5 ‰, como de fato se observou na rede de amostragem no rio Tietê (município de Anhembi). Nessa coleta, a salinidade máxima foi verificada no ponto B4 (0,09%), mantendo-se constante nas demais localidades amostradas (0,08 ‰), conforme observado na **Gráfico 10.1.8.2.2-7.**

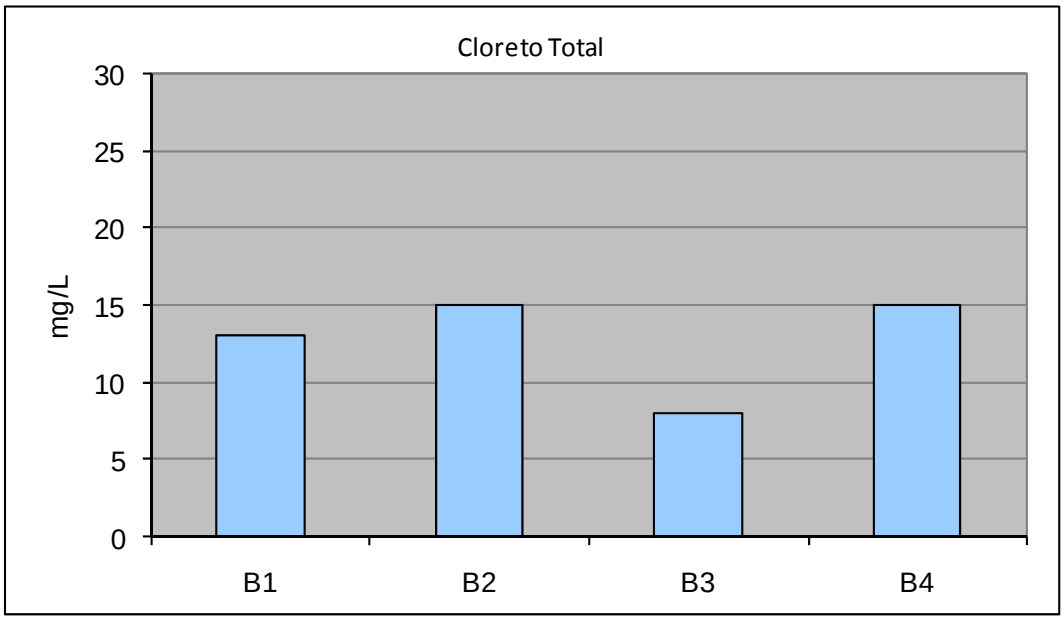
GRÁFICO 10.1.8.2.2-7: Salinidade das Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/10)



- Cloreto Total

  Observaram-se no rio Tietê (município de Anhembi) baixos valores de cloreto, que oscilaram entre 8,0 mg/L (Ponto B3) e 15 mg/L (Ponto B2), níveis bem inferiores ao estipulado pela Resolução Conama 357/05 para águas doce classe 2 (250 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-8: Cloreto Total nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

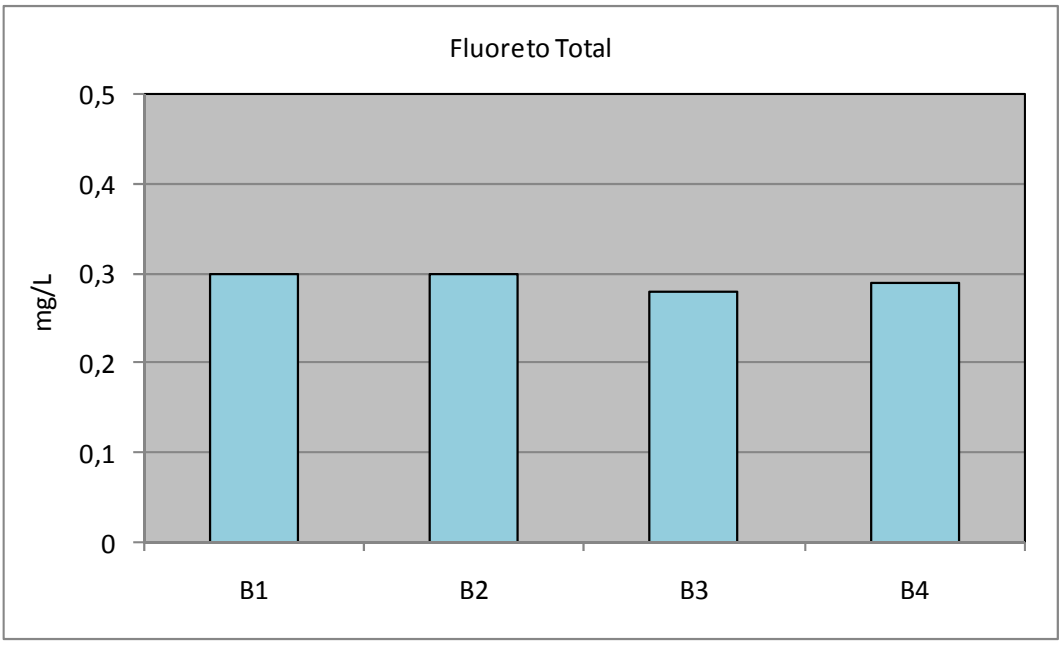


- Fluoreto Total

  Traços de fluoreto são usualmente encontrados em águas naturais. Altas concentrações desse íon estão em geral associadas a fontes subterrâneas, depósitos geológicos de origem marinha ou efluentes industriais resultantes, por exemplo, da fabricação de fios condutores de eletricidade.

  Os teores de fluoreto obtidos nos pontos de amostragem encontram-se abaixo do padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (1,4 mg/L para águas doces classe 2) conforme **Gráfico 10.1.8.2.2-9**.

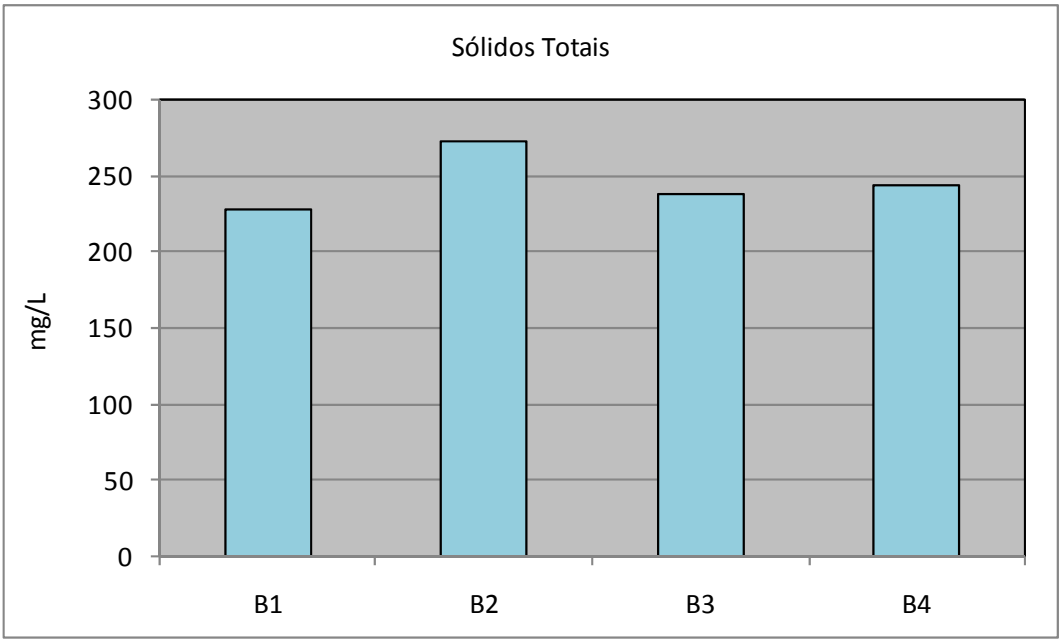
GRÁFICO 10.1.8.2.2-9: Fluoreto Total nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Série de Sólidos (resíduos)

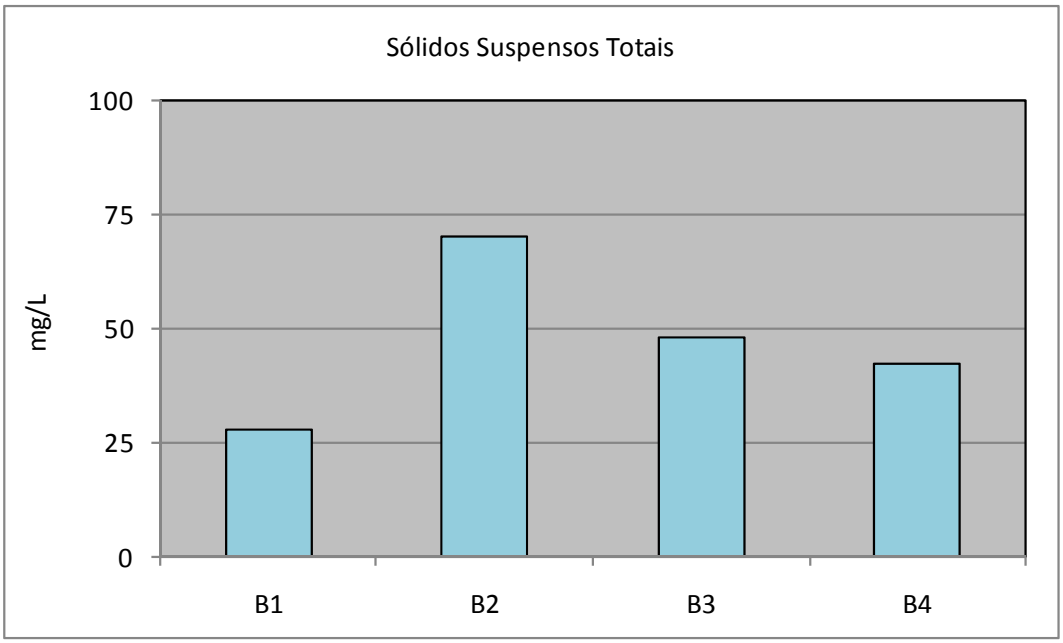
Na rede de amostragem para avaliação da qualidade das águas superficiais rio Tietê (município de Anhembi), a quantidade de sólidos totais variou entre 228 mg/L no ponto B1, a montante da ponte da rodovia SP-147, e 272 mg/L no ponto B2, no limite a montante da área de instalação do referido terminal (**Gráfico 10.1.8.2-10**).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-10: Sólidos Totais(Resíduos) nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



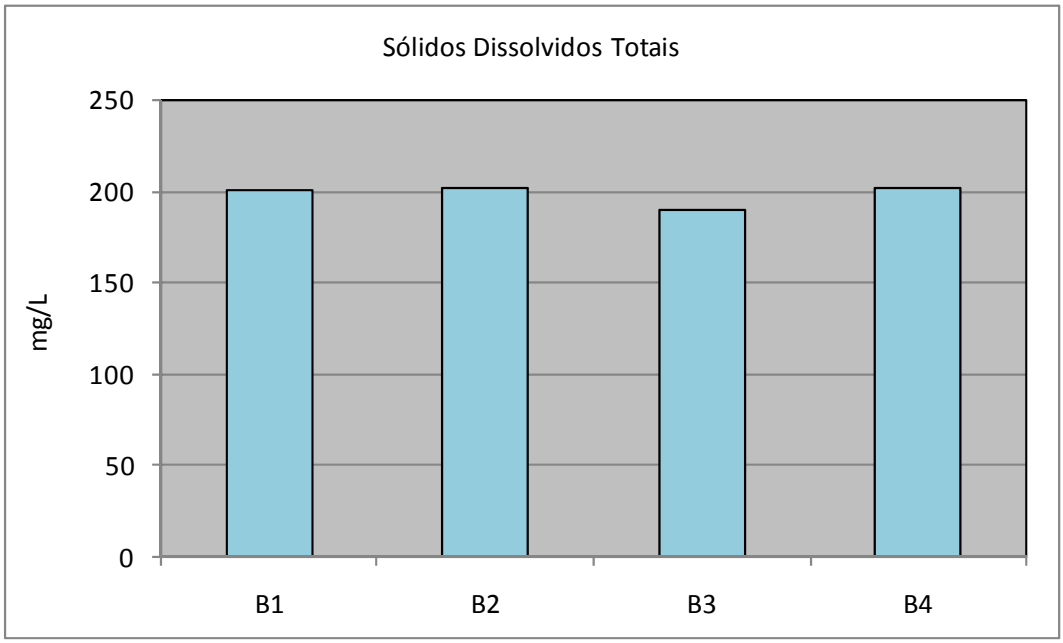
Os teores de sólidos em suspensão oscilaram entre 28 mg/L, no ponto B1a 70 mg/L no ponto B2 (**Gráfico 10.1.8.2-11**), enquanto que a quantidade de sólidos sedimentáveis foi inferior a 0,1 mL/L em todas as amostras.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-11: Sólidos Suspensos Totais nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



Os teores de sólidos dissolvidos totais foram praticamente constantes no trecho amostrado. Conforme **Gráfico 10.1.8.2.2-12**, o maior valor, 202 mg/L, foi observado em B2, no limite a montante das instalações do rio Tietê (município de Anhembi), e o menor, 190 mg/L, em B3 no limite a jusante do referido terminal.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-12: Sólidos Dissolvidos Totais nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



A Resolução Conama 357/05 estabelece limites somente para sólidos dissolvidos totais, equivalente a 500 mg/L para águas doces classe 2. Todos os pontos amostrados rio Tietê (município de Anhembi) estiveram abaixo desse limite.

A proporção de sólidos dissolvidos voláteis foi maior em relação aos sólidos dissolvidos fixos em todos os pontos, exceto B3, indicando a preponderância de compostos de natureza orgânica no trecho estudado (**Gráficos10.1.8.2.2-13** e **10.1.8.2.2-14**, respectivamente). De forma semelhante, a maior proporção de sólidos suspensos voláteis em relação aos suspensos fixos em três dos quatro pontos (B1, B3 e B4) evidencia a dominância de compostos orgânicos em suspensão na coluna d'água (**Gráficos 10.1.8.2.2-15** e **10.1.8.2.2-16**, respectivamente).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-13: Sólidos Dissolvidos Voláteis nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

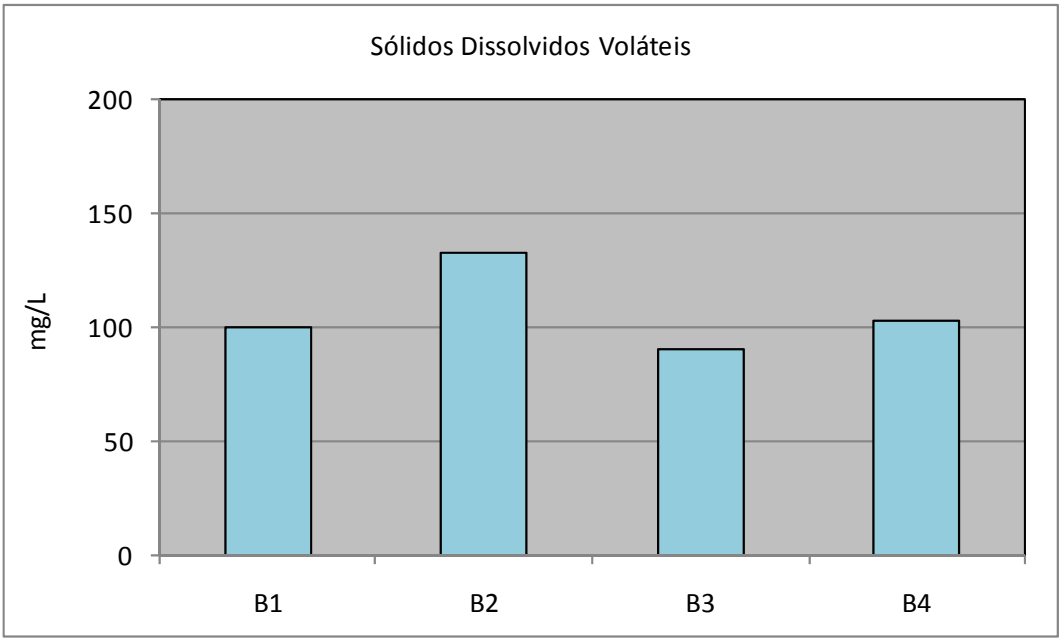


GRÁFICO 10.1.8.2.2-14: Sólidos Dissolvidos Fixos nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

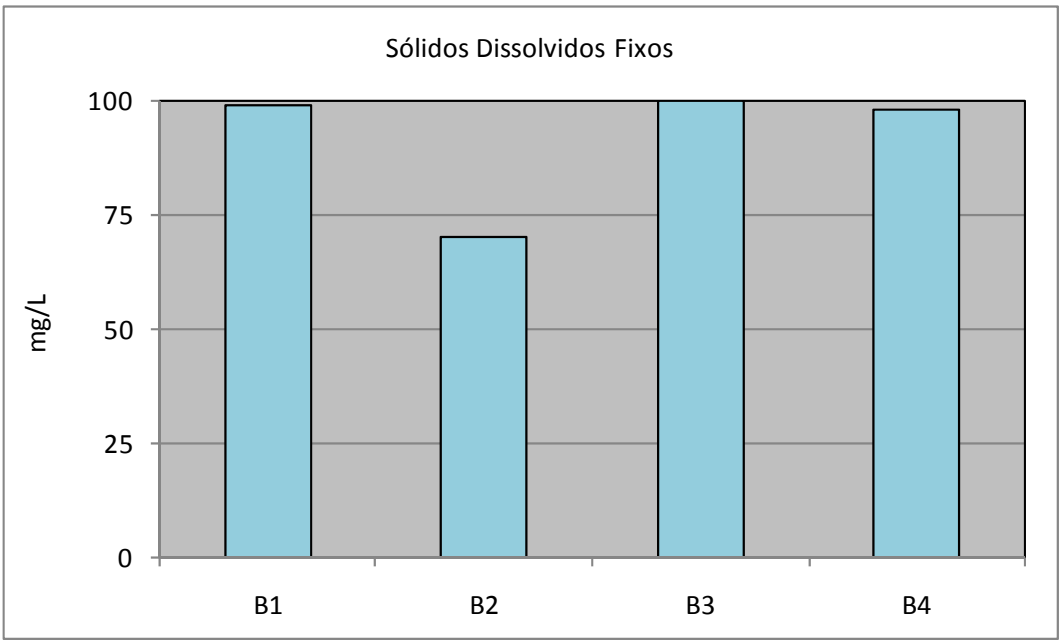


GRÁFICO 10.1.8.2.2-15: Sólidos Suspensos Voláteis nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

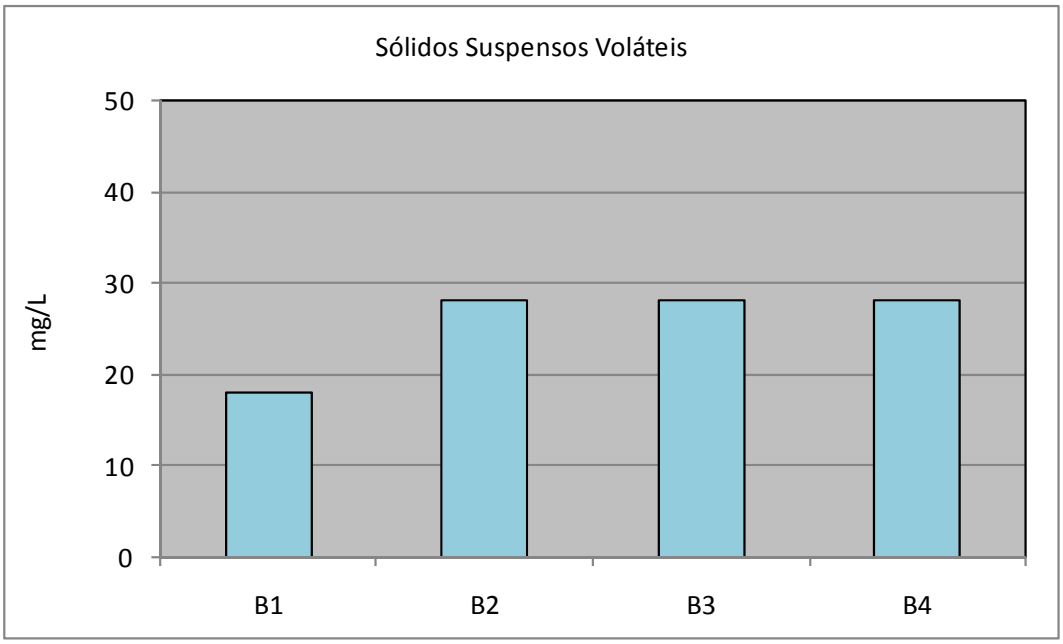
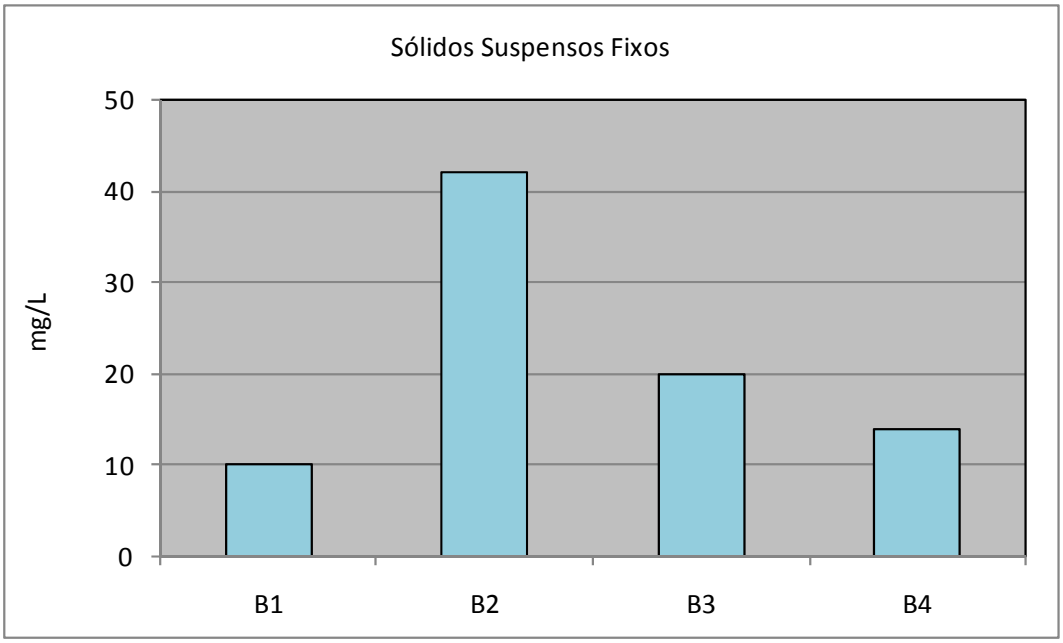


GRÁFICO 10.1.8.2.2-16: Sólidos Suspensos Fixos nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

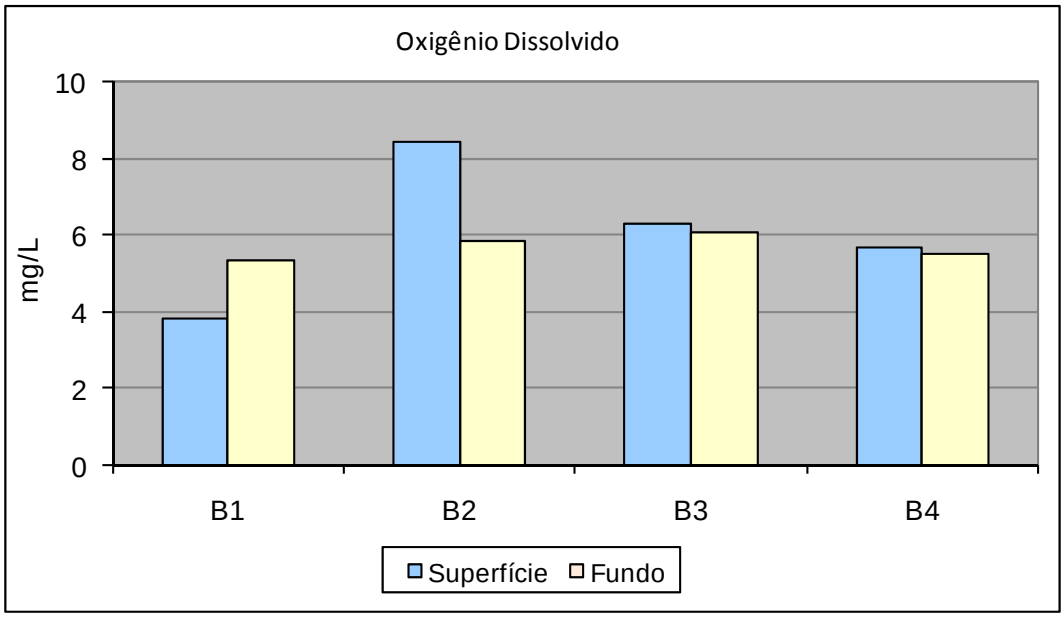


- Oxigênio Dissolvido (OD)

  Em águas doces classe 2 o nível de oxigênio dissolvido deve ser, no mínimo, igual a 5 mg/L, conforme preconizado pela Resolução Conama 357/05.

  A região mais profunda do ponto B1 foi o único local no qual se observou déficit de oxigênio em comparação à referida resolução (5,32 mg/L). Em todos os outros pontos da rede de amostragem de qualidade das águas (**Gráfico 10.1.8.2.2-17**), os níveis de oxigênio dissolvidos foram considerados satisfatórios. Não foi realizada nessa coleta determinação de OD na região mais profunda do ponto B2.

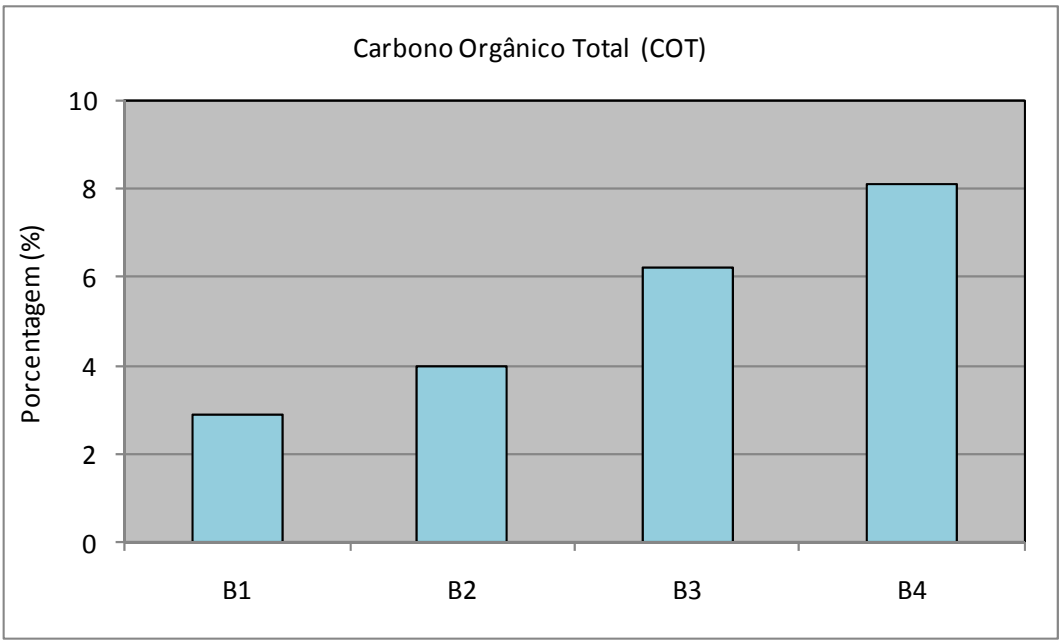
GRÁFICO 10.1.8.2.2-17: Oxigênio Dissolvido nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Carbono Orgânico Total (COT)

A maior concentração de carbono orgânico foi observada no ponto B2, localizado no limite a montante do empreendimento (13 mg/L). Nos demais locais da rede de amostragem o COT apresentou concentração igual a 11 mg/L (**Gráfico 10.1.8.2.2-18**). A legislação em vigor não estabelece padrões de COT para águas doces, entretanto, os níveis relativamente observados indicam a presença de matéria orgânica na coluna d'água.

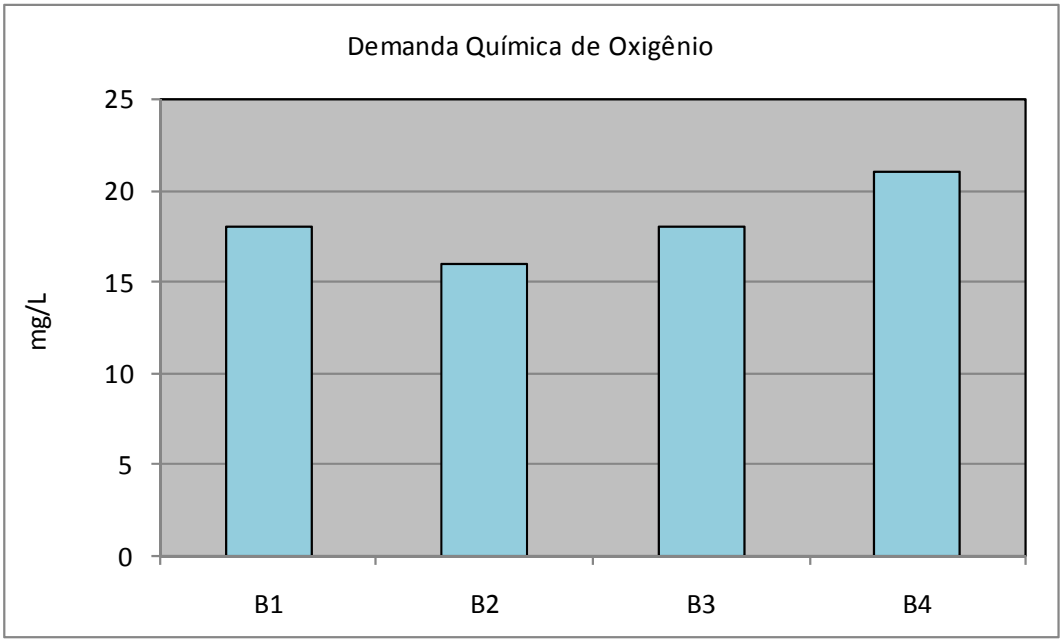
GRÁFICO 10.1.8.2.2-18: Carbono Orgânico Total nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

  Na rede de amostragem, os valores de DQO variaram de 16 mg/L em B2 a 21 mg/L em B4, conforme **Gráfico 10.1.8.2.2-19**. Não há na Resolução Conama 357/05 padrões para DQO.

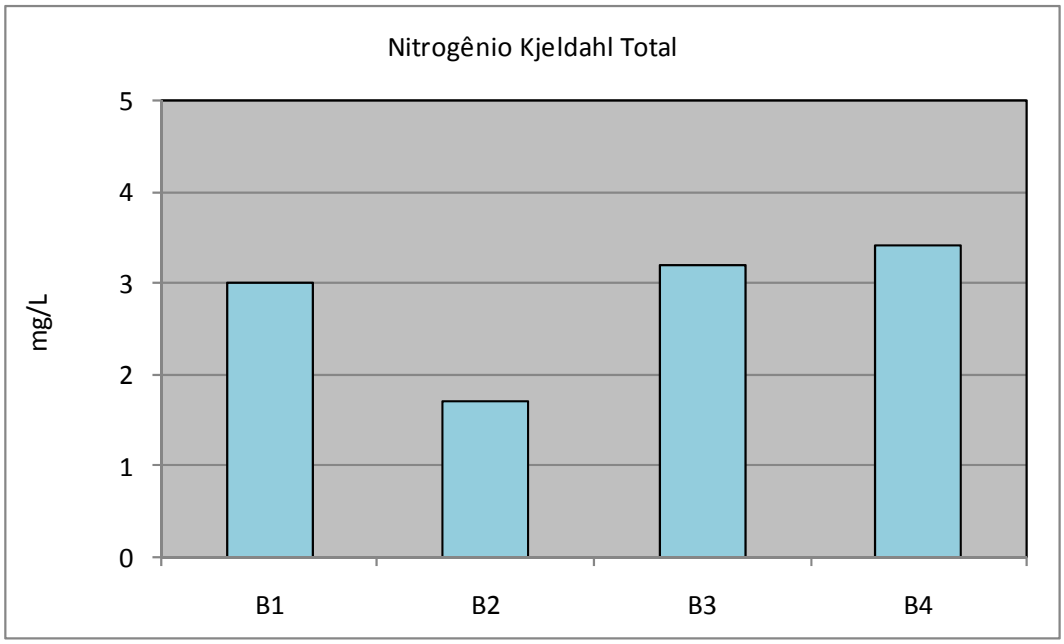
GRÁFICO 10.1.8.2.2-19: Demanda Química de Oxigênio nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Série de Nitrogênio

  A soma das frações de nitrogênio orgânico e amoniacal é expressa pelo resultado de nitrogênio Kjeldahl (**Gráfico 10.1.8.2.2-20**). Não há limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para esse parâmetro, que variou entre 1,7 mg/L (ponto B2) e 3,4 mg/L (B4).

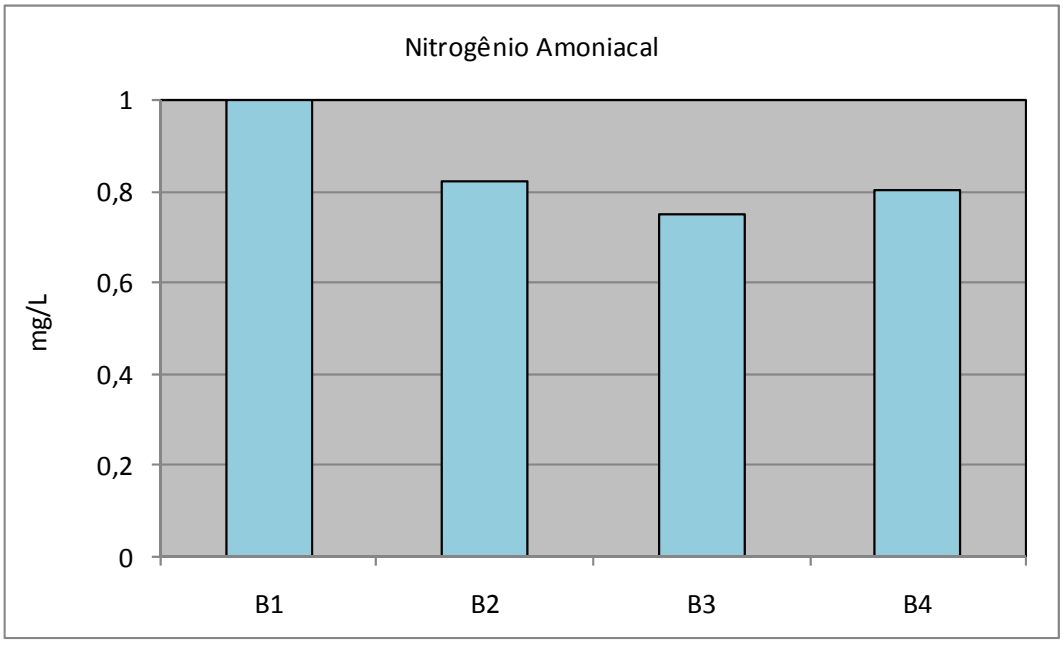
GRÁFICO 10.1.8.2.2-20: Nitrogênio Kjeldahl nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



O nitrogênio amoniacal em água doce é controlado pela Resolução Conama 357/05 em faixas que variam de acordo com o pH. Para águas classe 2, a legislação define o máximo de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal (pH inferior a 7,5); até 2,0 mg/L (pH entre 7,5 e 8,0); até 1,0 mg/L (pH entre 8,0 a 8,5) e 0,5 mg/L (pH superior a 8,5). A Portaria 518/04 estabelece para águas potáveis o valor máximo de 1,5 mg/L .

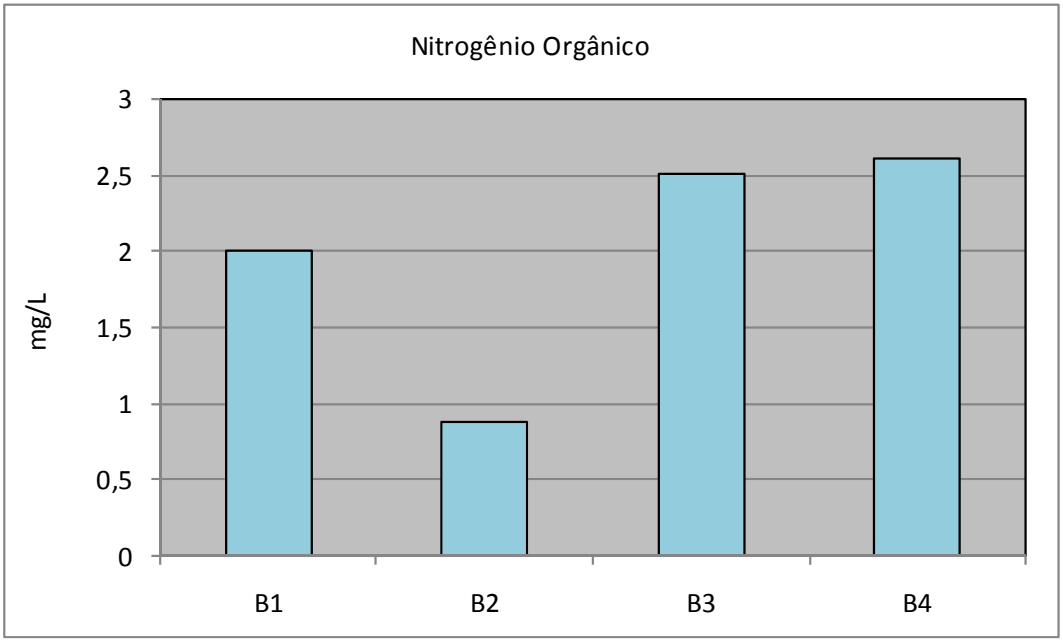
De acordo com a **Gráfico 10.1.8.2.2-21**, em nenhum dos pontos da rede de amostragem, o limite da referida resolução foi alcançado.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-21: Nitrogênio Amoniacal nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



Em todos os pontos da rede de amostragem para avaliação da qualidade das águas superficiais da área de influência do futuro rio Tietê (município de Anhembi), as frações de nitrogênio orgânico prevaleceram sobre as parcelas amoniacais, conforme observado na **Gráfico 10.1.8.2.2-22.**

GRÁFICO 10.1.8.2.2-22: Nitrogênio Orgânico nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



Os valores encontrados para nitrito (**Gráfico 10.1.8.2.2-23**) e nitrato (**Gráfico 10.1.8.2.2-24**) se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação para águas doces classe 2 (respectivamente 1,0 e 10,0 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-23: Nitrito nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

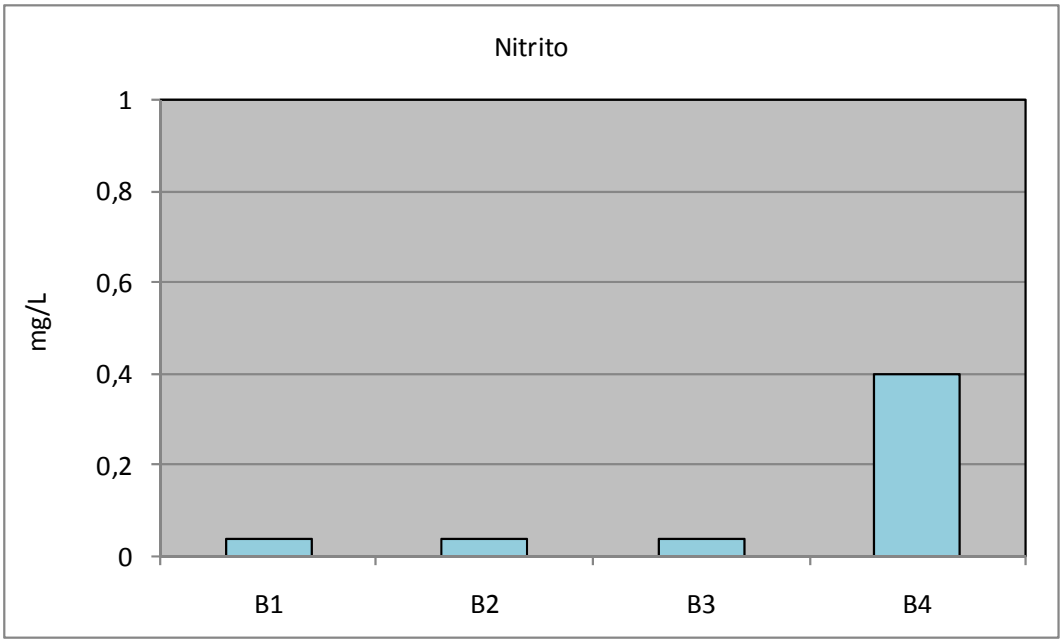
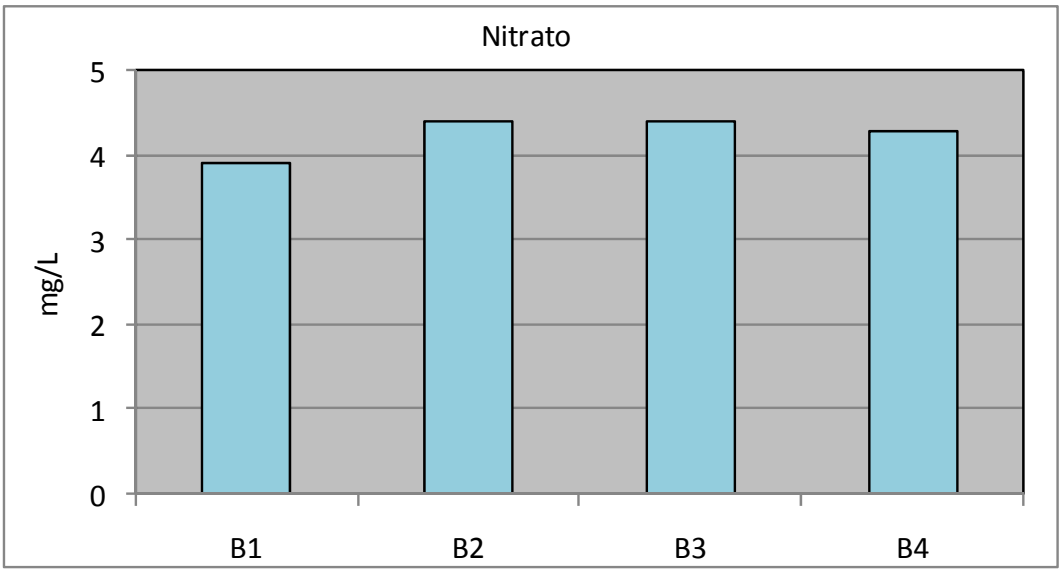


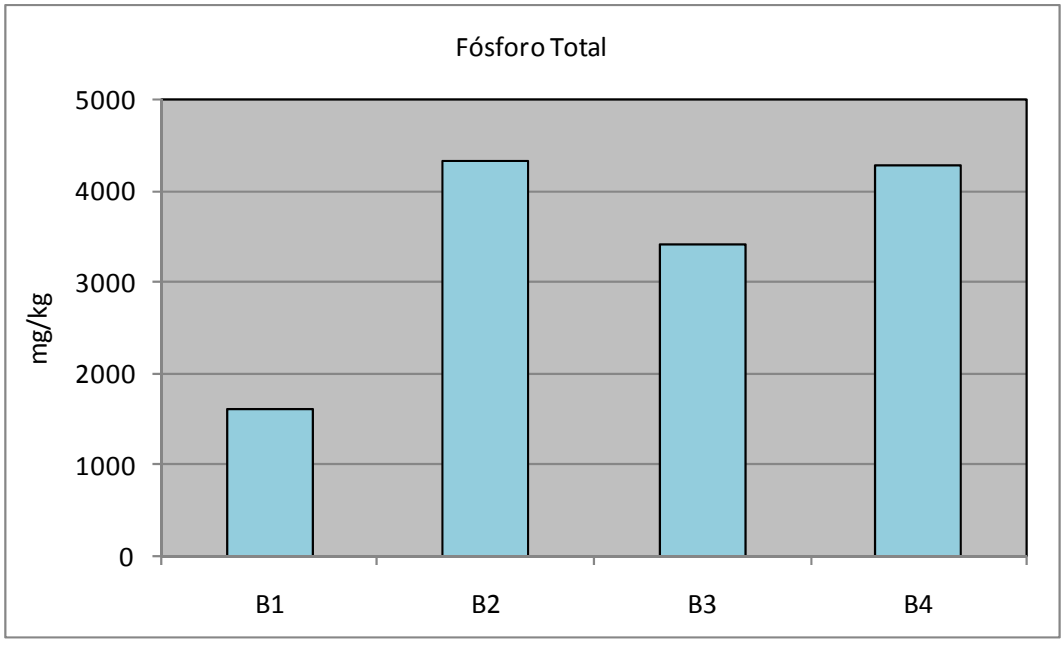
GRÁFICO 10.1.8.2.2-24: Nitrato nas Águas superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Fósforo Total e Polifosfato

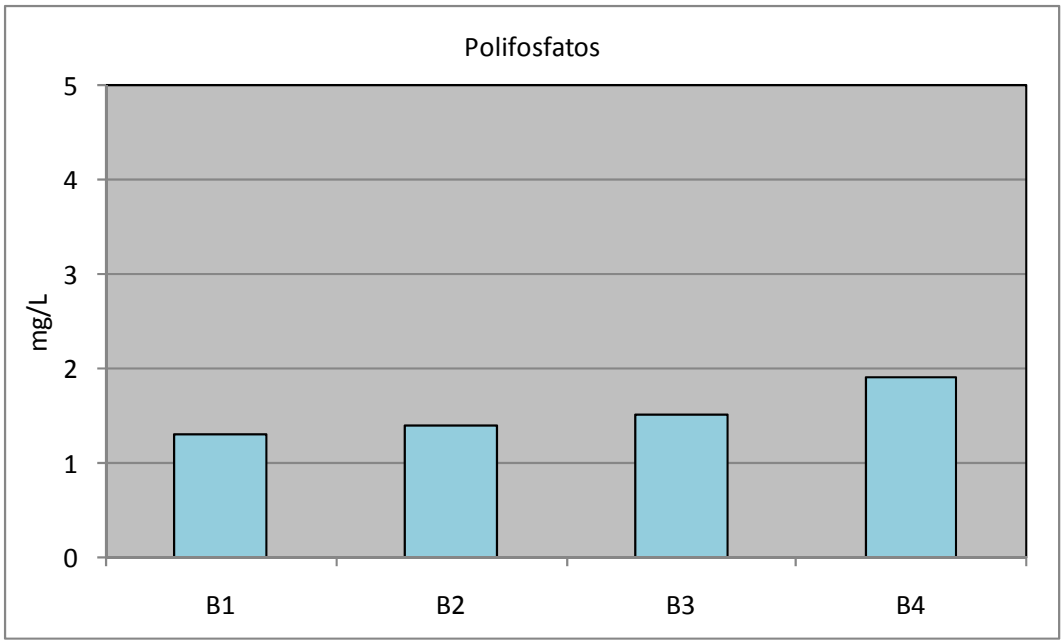
Em todos os pontos da rede de amostragem os valores de fósforo demonstraram-se acima do valor máximo permitido pela legislação para águas doces classe 2 em ambientes lênticos (0,03 mg/L), com máximo de 0,332 mg/L.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-25: Fósforo Total nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) - (Dez/09)



As concentrações de polifosfatos, muitas vezes provenientes de detergentes sintéticos, variaram de 1,3 a 1,9 mg/L, com concentrações crescentes de montante para jusante no trecho avaliado.

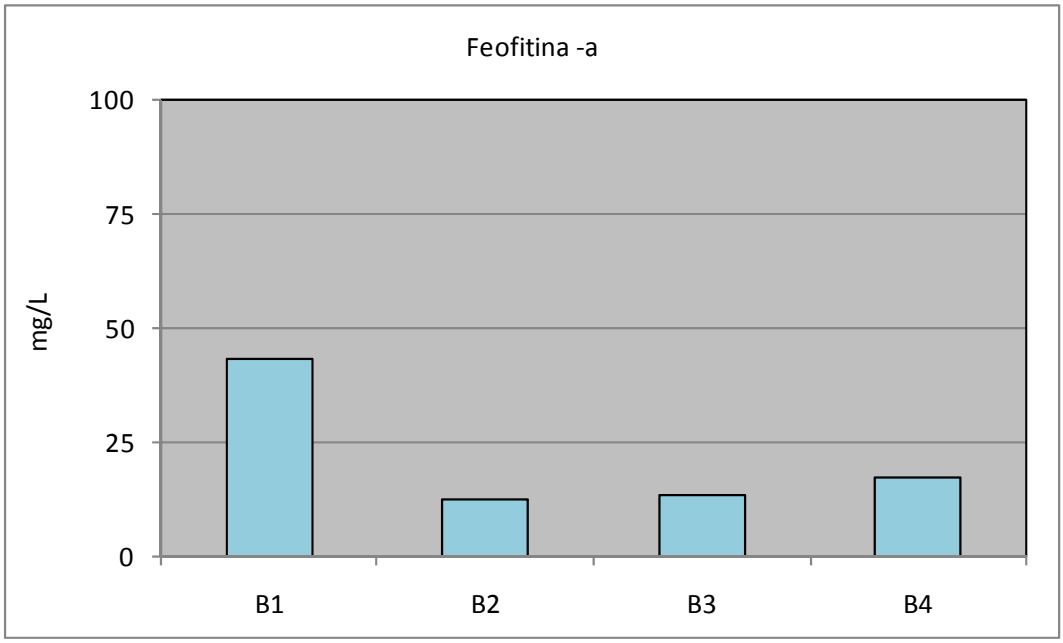
GRÁFICO 10.1.8.2.2-26: Polifosfatos nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Clorofila-a e Feofitina

  Nos pontos amostrados, não foi detectada clorofila-a. No entanto, constatou-se feofitina, subproduto degradação da clorofila-a, situando-se na faixa entre 12,5 (Ponto B2) a 43,1 mg/L (Ponto B1). Não há limite estabelecido pela legislação para essa variável.

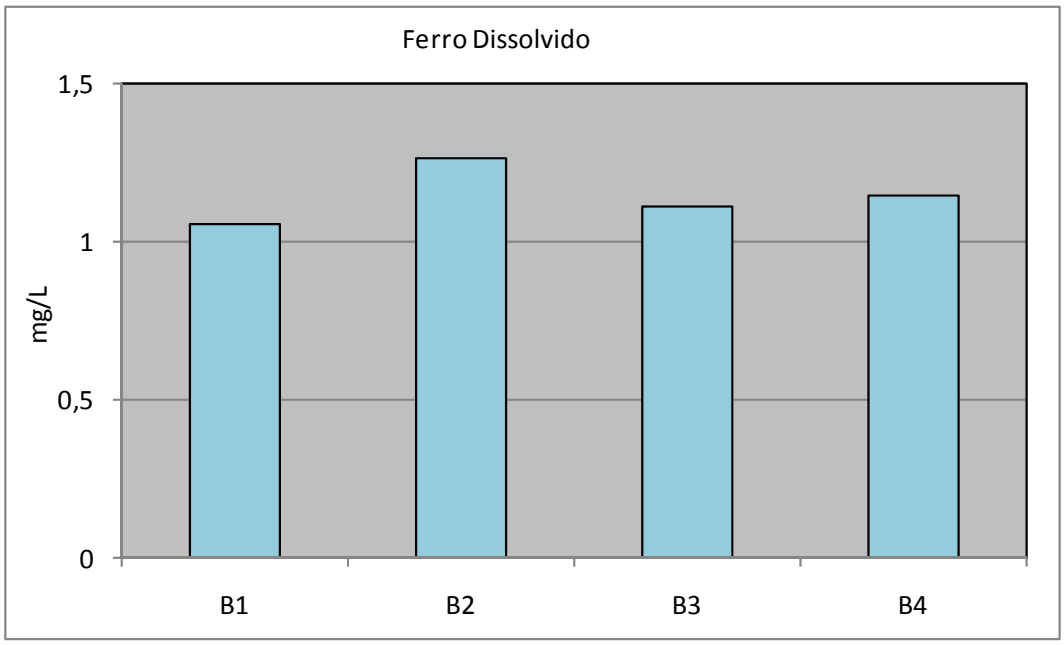
GRÁFICO 10.1.8.2.2-27:Feofotina nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Ferro Dissolvido

Na rede de amostragem, as concentrações de ferro dissolvido encontraram-se bem acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (0,3 mg/L) para águas doces classe 2, o que pode estar relacionado com o aporte de sólidos proveniente da bacia de drenagem. A maior concentração de ferro dissolvido foi obtida no ponto de amostragem B2 (1,263 mg/L), decaindo para o mínimo de 1,049mg/L no ponto B1.

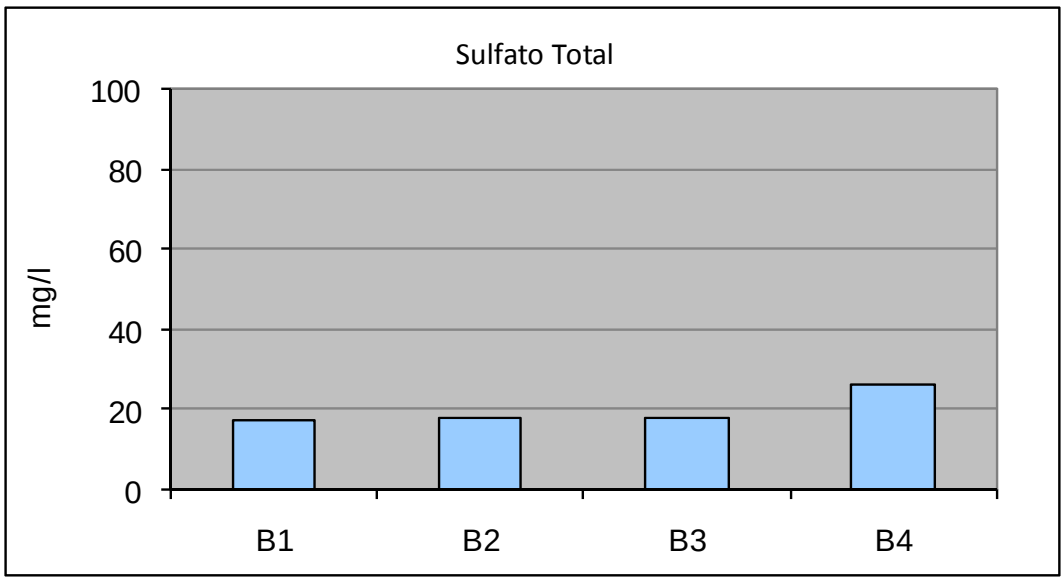
GRÁFICO 10.1.8.2.2-28: Ferro Dissolvido nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Sulfato Total

Os resultados da concentração de sulfato variaram entre 17,3 mg/L (ponto B1) e 26,3 mg/L (ponto B4), muito abaixo do limite de 250 mg/L estabelecido para águas doces.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-29: Sulfato Total nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Sulfeto

  Obteve-se em todos os pontos de amostragem concentrações de sulfeto iguais a 0,10 mg/L, muito acima do limite estabelecido pela legislação para águas doces (0,002 mg/L).

- Óleos e Graxas

  A legislação estabelece que óleos e graxas estejam ausentes nas águas doces classe 2. Os valores obtidos em todos os pontos de amostragem mantiveram-se inferiores ao limite de detecção das amostras analisadas (5,0 mg/L), não sendo possível identificar eventual presença desse componente no sistema hídrico. Os valores obtidos em todos os pontos de amostragem mantiveram-se iguais ao limite de detecção das amostras analisadas, não sendo possível identificar eventual presença desse componente no sistema hídrico.

- Cianeto Livre

  A Resolução Conama 357/05 determina para águas doces 0,005 mg/L de cianeto livre.Os valores obtidos em todos os pontos e amostragem mantiveram-se inferiores ao limite de detecção das amostras analisadas (0,01 mg/L), acima do limite determinado pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (0,05 mg/L).

– Variáveis Bacteriológicas

- Coliformes Termotolerantes e Totais

  Na rede de amostragem obtiveram-se concentrações de Coliformes Termotolerantes abaixo do limite estabelecido pela legislação para águas doces classe 2 (1.000 NMP/100 ml) (com máximo de 460 NMP/100 ML no ponto B1 o qual recebe aportes de resíduos sólidos e efluentes líquidos provenientes da cidade.

  Em todos os pontos da rede de amostragem foram observados os mesmos índices de coliforme totais equivalentes a 1100 NMP/100 ml. Não há limites na legislação para essa variável.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-30: Coliformes Termotolerantes nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

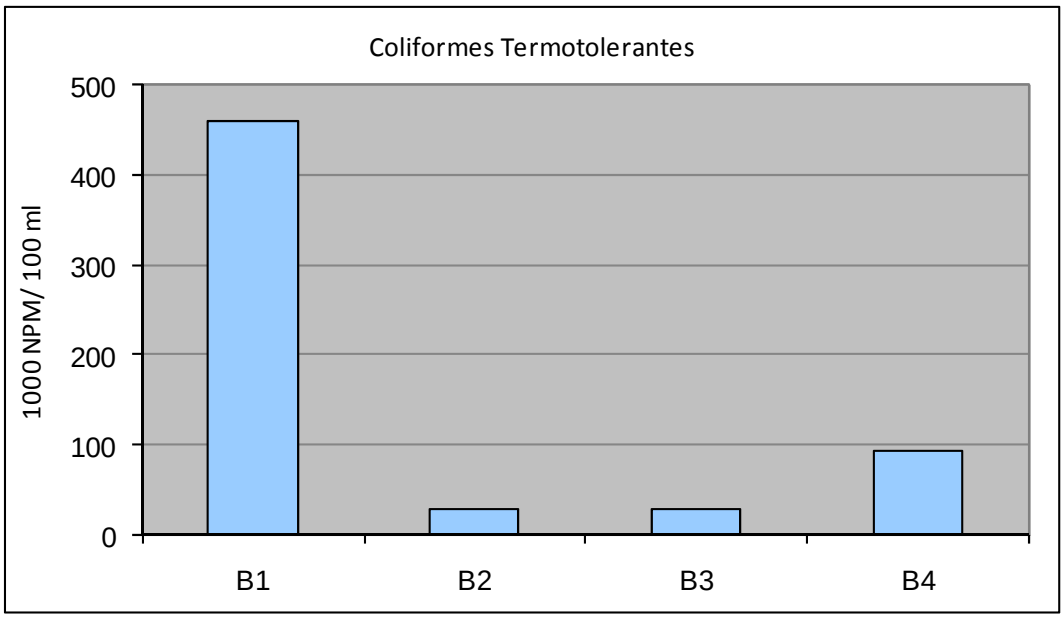
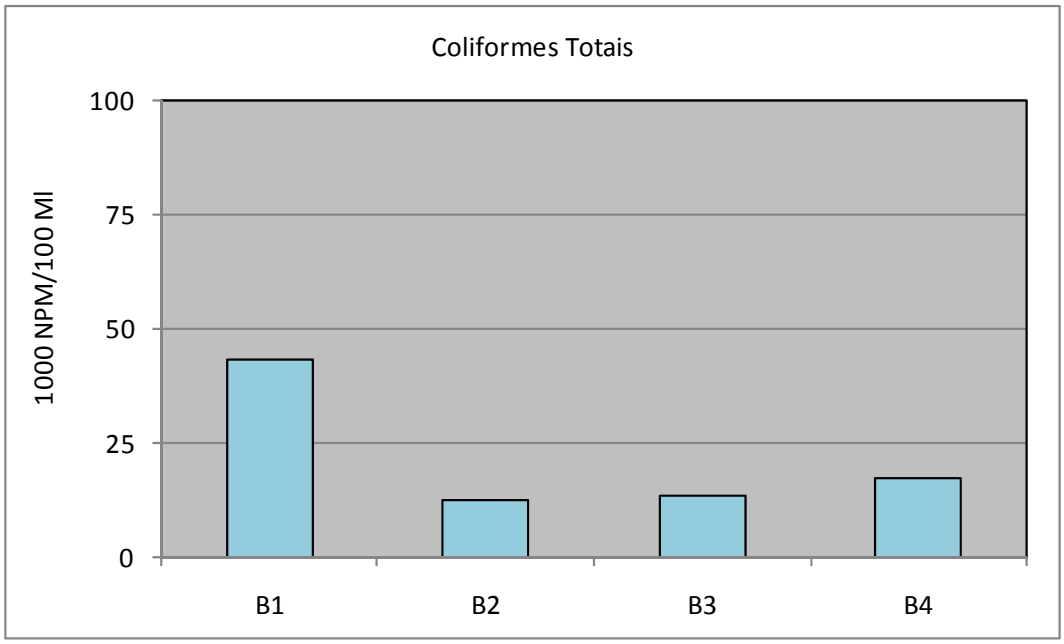


GRÁFICO 10.1.8.2.2-31: Coliformes Totais nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Metais Pesados

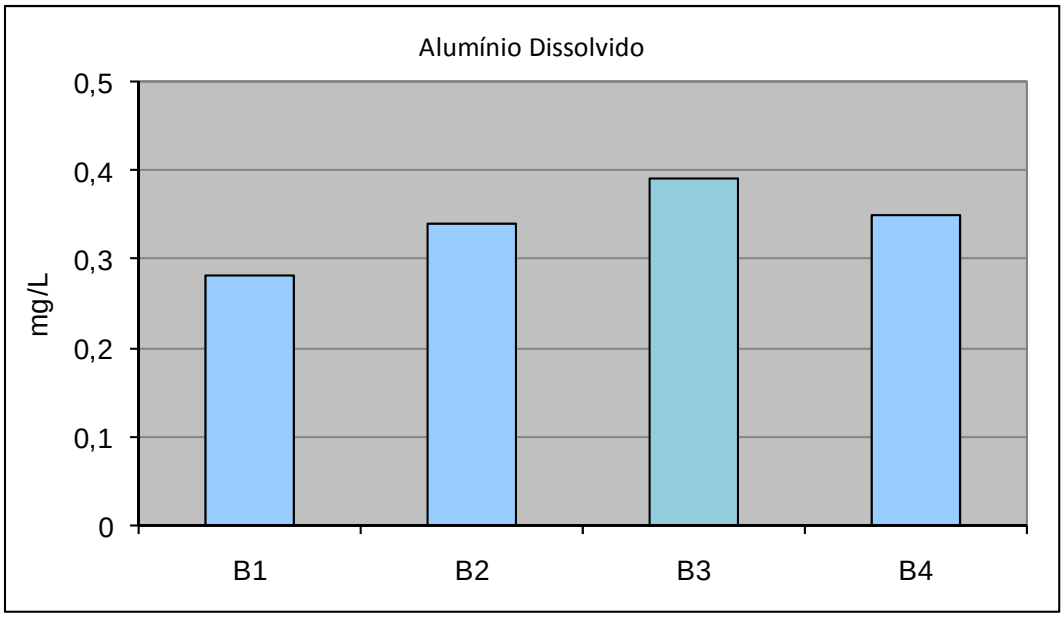
  - Arsênio Total

    A Resolução Conama 357/2005 estabelece o limite de 0,01 mg/L de arsênio para águas doces classe 2. Em todas as amostras de água superficial coletadas na rede de amostragem os valores de arsênio total foram inferiores ao limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L), estando, portanto, em consonância com a legislação vigente.

  - Alumínio Dissolvido

    Todos os pontos de amostragem apresentaram concentrações de Alumínio Dissolvido acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/2005, a qual estabelece uma concentração de 0,1 mg/L para águas doces (classe 2). As concentrações no trecho avaliado no reservatório de Barra Bonita oscilaram entre 0,277 mg/L (ponto B1) a 0,349 mg/L (ponto B4). Conforme citado, esses valores decorrem provavelmente da introdução de sólidos a partir da bacia de drenagem, processo favorecido pelo atual estágio de degradação da mata ciliar.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-32: Alumínio Dissolvido nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (dez/09)



- Cádmio Total

  Para esse metal, a Resolução Conama 357/2005 considera o limite máximo de 0,001 mg/L para águas doces classe 2. A totalidade das amostras de águas superficiais coletadas na rede de amostragem resultaram em teores de cádmio total inferiores ao limite de detecção do método analítico (0,001mg/L), estando, pois, coerentes com a legislação em vigor.

- Chumbo Total

  O padrão legal de concentração de chumbo total em águas doces classe 2 é de 0,01 mg/L. Nos pontos amostrados foram detectados resultados abaixo do limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L), valor compatível com a Resolução Conama 357/05.

- Cobre Dissolvido

  Os resultados para esse metal no rio Tietê (município de Anhembi) também se mantiveram abaixo do limite determinado pelo método analítico (0,004 mg/L), valor inferior ao padrão determinado pela legislação (0,009 mg/L em águas doces classe 2).

- Cromo Dissolvido

  Os valores encontrados nas amostras de água estiveram abaixo do limite detectado pelo método analítico (0,01 mg/L), bem como pelo valor estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (0,05 mg/L em águas doces classe 2).

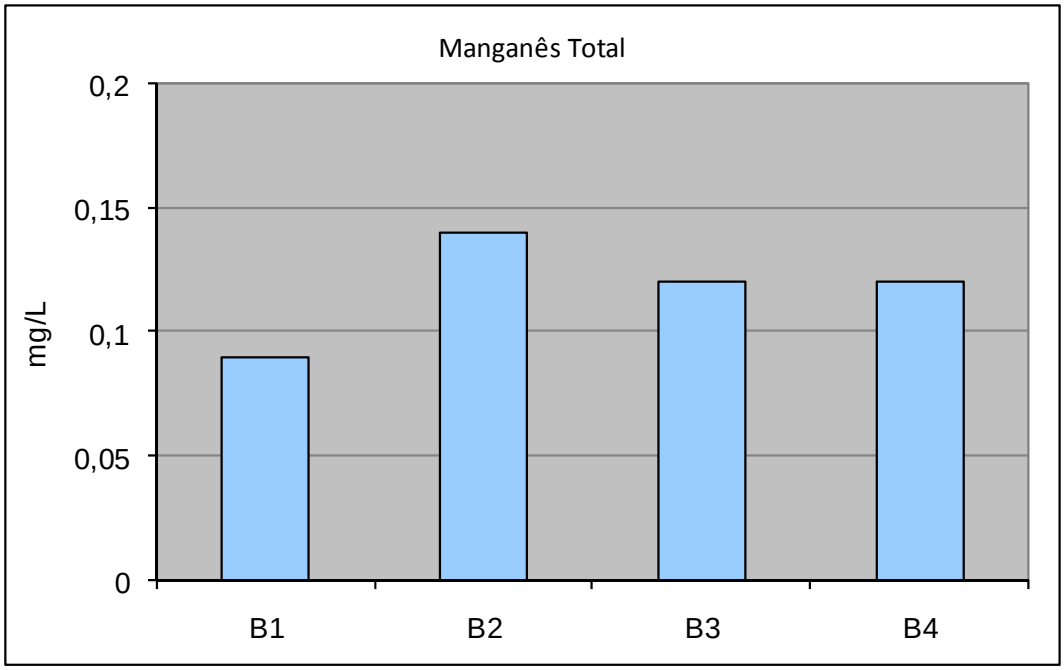
- Estanho Total

  Os resultados de concentrações de estanho total também foram inferiores ao limite detectado pelo método analítico (0,05 mg/L). A legislação Conama 357/05 não prevê limites para estanho.

- Manganês Total

  Em toda rede de amostragem foram encontradas concentrações acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L), exceto em B1, ponto de amostragem que apresentou o menor resultado (0,009 mg/L). O máximo teor de manganês foi registrado em B2 (0, 14 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-33: Manganês Total nas Águas Superficiais - rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Mercúrio Total

  Os valores obtidos em todos os pontos de amostragem mantiveram-se inferiores ao limite de detecção das amostras analisadas (0,001 mg/L), que é superior ao limite determinado bpela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (0,0002 mg/L).

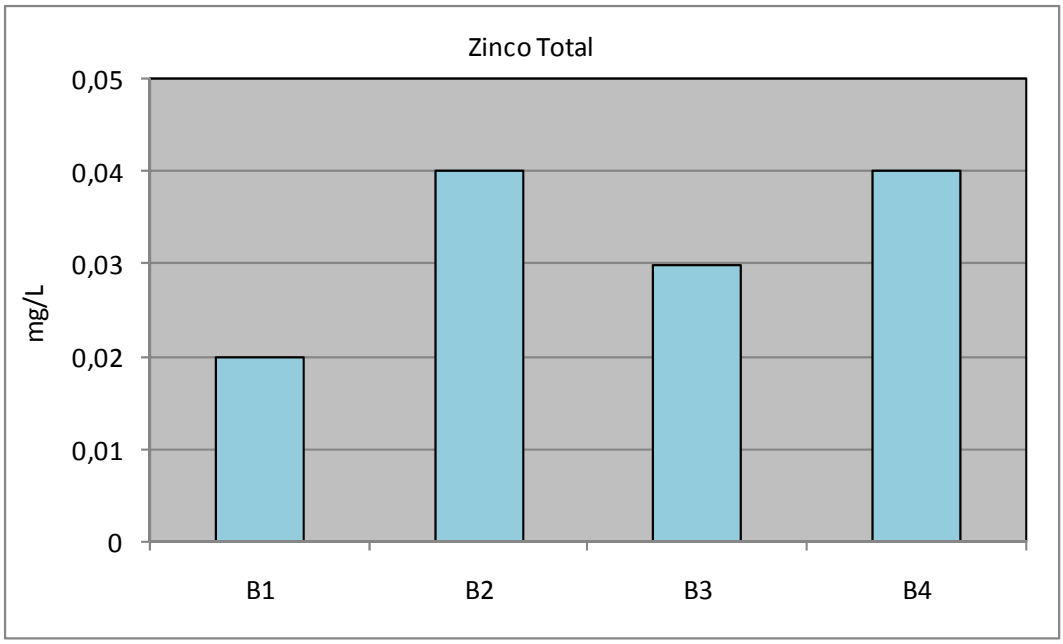
- Níquel Total

  Nas amostras coletadas, todos os resultados foram inferiores ao método analítico (0,01 mg/L), situando-se abaixo do limite determinado pela Resolução Conama 357/05 (0,025 mg/L em águas doces classe 2).

- Zinco Total

  Na rede de amostragem no rio Tietê (município de Anhembi), as concentrações de zinco permaneceram em patamares inferiores ao limite determinado pela Resolução Conama 357/05, que estabelece concentração máxima de 0,18 mg/L para águas doces classe 2. O ponto de amostragem B1 apresentou o menor valor (0,02 mg/L), em contraste com o ponto B4, no qual foi registrada a maior concentração (0,04 mg/L).

GRÁFICO 10.1.8.2.2-34: Zinco nas Águas Superficiais – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



– Variáveis Orgânicas

- Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs)

  Nos pontos amostrados, todos os resultados das análises de benzeno, etilbenzeno, e tolueno foram inferiores ao limite de detecção do método (<5 µg/L), o mesmo ocorrendo para xileno (< 5 µg/L).

  A concentração definida para tolueno pela Resolução Conama 357/05 (2,0 µg/L) é inferior ao limite de quantificação do método adotado, o que restringe a avaliação desse composto nas amostras perante ao limite de quantificação do método adotado, o que restringe a avaliação desse composto nas amostras perante à legislação em vigor.

- Compostos Orgânicos Semi – Voláteis (SVOCs)

  Os SVOCs caracterizam-se por apresentar baixa solubilidade em água e, quando dissolvidos, são rapidamente degradados por foto-oxidação, processo o qual é acelerado sob condições de altas temperaturas, oxigênio dissolvido e incidência de radiação solar. Por esse motivo, a concentração desses compostos geralmente é menor na coluna d'água.

- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - PAHs

  As concentrações de PAHs nas águas superficiais dos pontos amostrados foram inferiores ao limite de detecção da metodologia adotada para cada variável (<0,15 µg/L). Nota-se também para PAHs que o valor do limite de quantificação supera para alguns componentes o padrão determinado pela Resolução Conama 357/05.

- Fenóis Totais

  Os fenóis aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes domésticos e industriais, sendo tóxicos em concentrações de 1 a 10 mg/L que afetam principalmente a fauna aquática. O padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05 é de 0,003 mg/L para águas doces classe 2.

  Os resultados obtidos em todos os pontos de amostragem foram inferiores a 0,002mg/L, limite de detecção do método analítico adotado, estando em consonância com os padrões legais.

- Bifenilas Policloradas - PCBs

  Os resultados obtidos nas análises de PCBs totais na rede de amostragem situaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico (0,07 µg/L), que é superior ao limite definido pela legislação para águas classe 2 (0,001 µg/L).

- Surfactantes aniônicos

  Os surfactantes aniônicos são os principais constituintes dos detergentes sintéticos tendo diversas utilizações industriais e domésticas. Esses compostos formam espuma em rios, que podem afetar as propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente.

  Em todos os pontos de amostragem no reservatório de Barra Bonita, as concentrações de surfactantes aniônicos se mantiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (0,5 mg/L).

Testes de Toxicidade Crônica

Conforme anteriormente citado, realizou-se testes de toxicidade crônica com as amostras de água utilizando-se como base a sobrevivência e a reprodução do organismo-teste *Ceriodaphnia dubia.*

Os resultados atestam toxicidade crônica em todas as amostras coletadas nesse trecho do rio Tietê (município de Anhembi).

Qualidade do Sedimento

Com o objetivo de caracterizar a qualidade dos sedimentos nas áreas de influência do empreendimento, selecionou-se variáveis usualmente empregadas nesses tipos de estudo com base na listagem de parâmetros definidos pela Resolução Conama 344/04 para materiais a serem dragados em águas jurisdicionais brasileiras.

Todas as análises foram realizadas através do laboratório CORPLAB BRASIL, - credenciado pelo Inmetro, sendo apresentado o laudo analítico no Anexo.

Os resultados das análises de granulometria e da qualidade do sedimento são apresentados nos **Quadros 10.1.8.2.2-5** e **10.1.8.2.2-6** do **Anexo 17.XII-2.6**, respectivamente. Os dados destacados em vermelho referem-se às concentrações que ultrapassaram os Valores de Alerta estabelecidos pela Resolução Conama 344/04.

A seguir apresenta-se para cada variável a análise geral dos resultados, estabelecendo-se por meio de representação gráfica uma comparação entre os pontos de coleta situados na área de influência do rio Tietê (município de Anhembi).

- Análise Granulométrica

Os sedimentos analisados no rio Tietê (município de Anhembi) foram compostos predominantemente por areia fina (0,25 mm) a silte (0,05 mm).

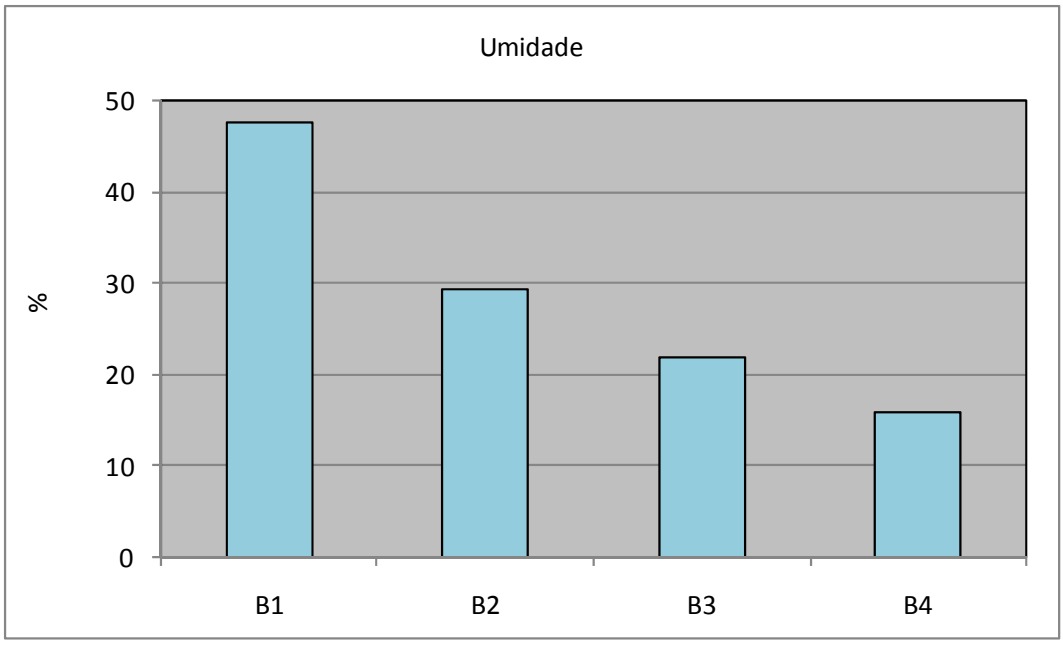
Os pontos de amostragem B2, B3 e B4 apresentaram sedimentos compostos em sua maioria por silte (54,3%, 58,3% e 58%, respectivamente), fator que está associado à hidrodinâmica local e que também pode estar associado às margens desprovidas de mata ciliar, em que os sedimentos são transportados para o corpo hídrico.

Nota-se que o ponto de amostragem B1 revela maior taxa de sedimentos compostos por areia fina (43,1%), o que sugere maior correnteza em relação aos demais locais amostrados já que esse ponto localiza-se próximo à foz de um tributário.

- Umidade

Os valores de umidade variaram entre 15,8 47,5%, indicando maior potencial de dissolução de íons no ponto B1,a montante do empreendimento, que apresentou sedimentos compostos predominantemente por areia fina

GRÁFICO 10.1.8.2.2-35: Umidade nos sedimentos - rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)

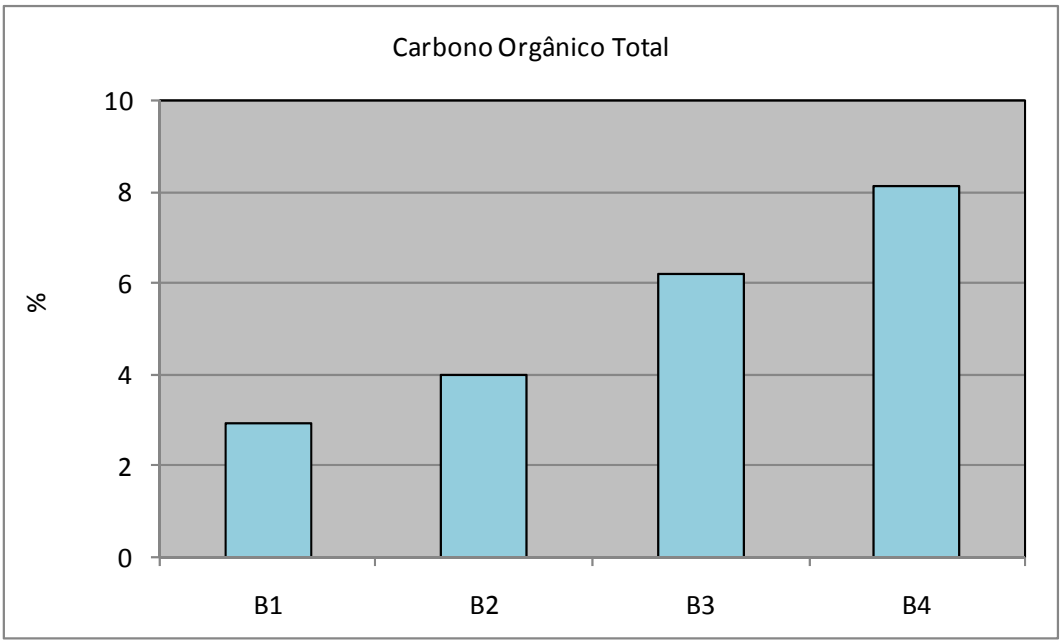


- Carbono Orgânico Total

As concentrações de carbono orgânico total variaram de 2,9 a 8,1 %, ocorrendo uma tendência de aumento de montante para jusante no trecho analisado. Nota-se que a maior concentração de carbono orgânico total foi detectada no ponto de amostragem B4, onde os sedimentos são compostos predominantemente por silte, partículas mais finas que tendem a apresentar maior taxa de adsorção de matéria orgânica.

Todos os resultados obtidos encontram-se abaixo do limite de Alerta estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (10%).

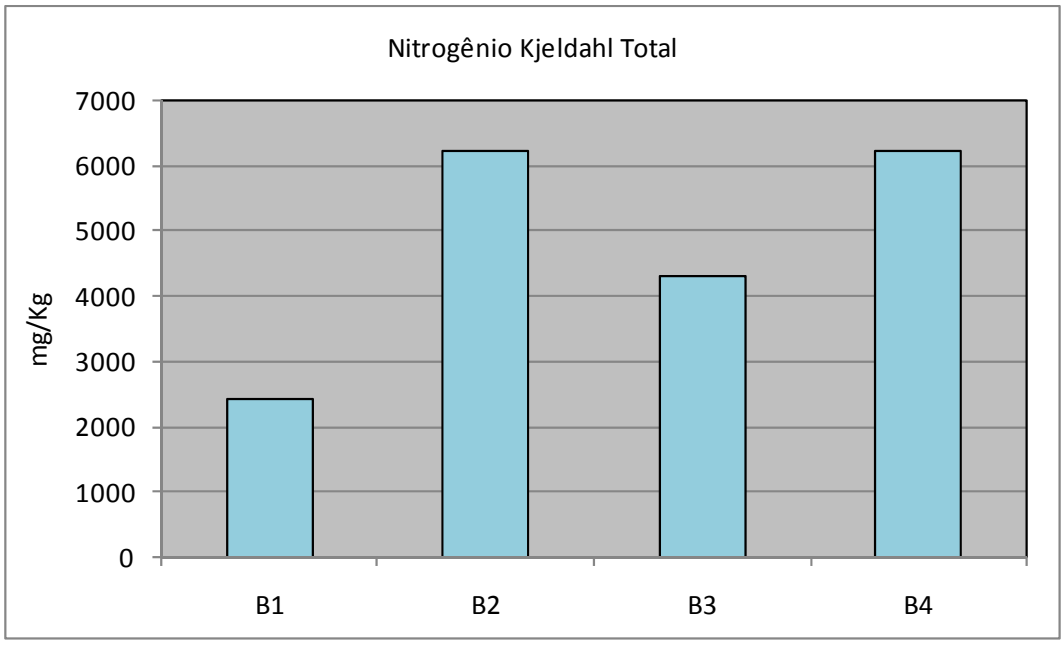
GRÁFICO 10.1.8.2.2-36: Concentrações de Carbono Orgânico Total nos Sedimentos – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



– Nitrogênio Kjeldahl Total

Os resultados obtidos variaram entre 2.431,2 e 6.211,8 mg/kg nos pontos de amostragem B1 e B4, respectivamente. Esse último ponto, conforme citado, foi o que apresentou a maior taxa de sedimentos compostos por silte. Com exceção do ponto B1, todos os demais pontos apresentaram concentrações de nitrogênio Kjeldahl acima do Valor Alerta indicado pela legislação vigente (4.800 mg/kg).

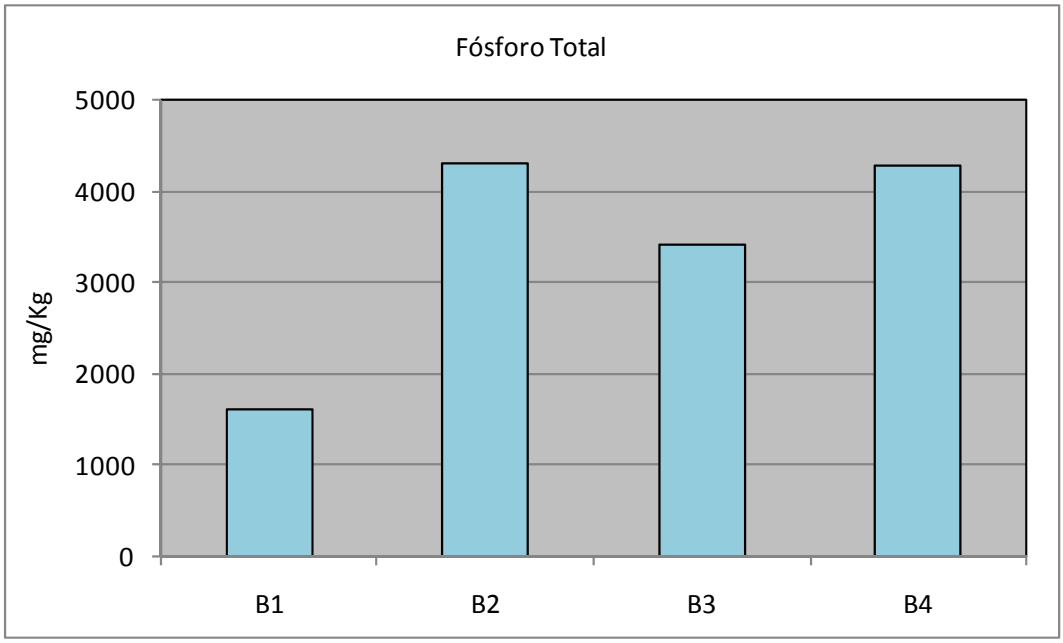
GRÁFICO 10.1.8.2.2-37: Concentrações de Nitrogênio Kjeldahl Total nos Sedimentos – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



- Fósforo Total

As concentrações desse nutriente variaram de 1.616 a 4.303 mg/kg. As maiores concentrações foram detectadas nos pontos B2 e B4. A concentração de fósforo reflete a composição de um sistema altamente eutrofizado, conforme anteriormente citado para águas superficiais.

GRÁFICO 10.1.8.2.2-38: Concentrações de Fósforo Total – rio Tietê (município de Anhembi) (Dez/09)



10.1.8.2.3 Conclusões

Através da avaliação da qualidade das águas superficiais no rio Tietê (município de Anhembi), constatou-se ambiente eutrofizado, com altas concentrações de nutrientes como nitrogênio, ferro e fósforo e de metais como manganês e alumínio, fatores que possivelmente influenciaram nos resultados de toxicidade crônica obtidos em toda a rede amostral.

Concentrações elevadas de carbono orgânico total indicam poluição orgânica na área estudada, o que se reflete em altas densidades de macrófitas flutuantes e grande demanda bioquímica de oxigênio (DBO), conforme observado no ponto B2. Baixo grau de transparência e altos níveis de turbidez também foram observados no local, o que pode estar relacionado ao assoreamento das margens desprovidas de mata ciliar e também ao transporte de balsas no terminal intermodal de carga da hidrovia Tietê-Paraná.

Os sedimentos no rio Tietê (município de Anhembi) são compostos predominantemente por siltes, característico de ambientes de baixa correnteza, e apresentaram elevados níveis de nitrogênio Kjeldahl e fósforo total, indicando poluição orgânica.

10.1.9 DINÂMICA DE SEDIMENTAÇÃO DO LITORAL PAULISTA

O objetivo deste item é caracterizar, em escala regional e com base em levantamento de dados secundários, o modelo de sedimentação do litoral paulista, mais especificamente no trecho da Baixada Santista. Tal caracterização visa subsidiar a avaliação de eventuais impactos decorrentes da implementação do Projeto Uniduto nessa faixa litorânea.

Como dito, por se tratar de caracterização regional, se refere à AII do empreendimento, não tendo como propósito a caracterização detalhada das áreas com influência mais direta (AID e ADA).

10.1.9.1 INTRODUÇÃO

A planície costeira de Santos abrange grande parte da Região Metropolitana da Baixada Santista, que inclui os municípios de Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente, e soma cerca de 1.600.000 habitantes (Secretaria dos Transportes Metropolitanos, 2010), estando integralmente inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 7 – Baixada Santista.

A região hospeda dois importantes parques industriais - o de Santos e o de Cubatão – e também abriga o maior porto do hemisfério sul, tanto em movimentação de cargas quanto em infra-estrutura - o Porto de Santos (Viva Santos, 2010) - cuja operação exige a dragagem frequente do canal do Porto a fim de conferir condições de navegabilidade aos navios de maior calado. Desde 1995 até 2002 foram dragados 23 milhões de metros cúbicos da área portuária de Santos (Secretaria do Meio Ambiente, 2002) pelos batelões da Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp).

O material dragado era disposto na ponta da Munduba, porém a migração dos poluentes para a praia do Guaiúba, no Guarujá, obrigou a disposição desses sedimentos a 6 km da ilha da Moela a partir de 1998. Em 2002, era estimado em 5 milhões de metros cúbicos o volume de material sedimentado no canal do Porto de Santos (SMA, 2002).

O atual modelo de sedimentação para o estuário e a baía de Santos data da década de 70 (Fúlfaro; Ponçano, 1976; Ponçano; Fúlfaro, 1976), tendo sido idealizado, portanto, anteriormente à implantação do Emissário Submarino de José Menino, em 1978, e na época em que os sedimentos dragados do canal do Porto ainda eram depositados na ponta da Munduba. Pesquisas mais recentes (Fukumoto, 2003; Rocha, 2003) têm apontado no sentido de um modelo de sedimentação significativamente diferente daquele postulado por Fúlfaro e Ponçano (1976) e Ponçano e Fúlfaro (1976), especialmente no que diz respeito à baía de Santos.

10.1.9.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

10.1.9.2.1 Estuário de Santos

O modelo teórico de circulação e sedimentação no estuário de Santos atualmente adotado foi estabelecido por Fúlfaro e Ponçano (1976), a partir de levantamentos sedimentológicos que visavam a determinação da faciologia do fundo, bem como das principais tendências de movimentação destes sedimentos ao longo do estuário.

Segundo Fúlfaro e Ponçano (1976), o processo básico de circulação estuarina consiste em uma mistura de água doce vinda do continente, com água salgada oceânica, num ambiente parcialmente restrito, controlado pelas marés e correntes fluviais residuais, com efeitos de ondas e diferenças de densidades entre as águas.

A ação das correntes de maré do estuário de Santos suplanta a ação fluvial, com quase todos os canais e meios de circulação apresentando características marinhas e uma baixa taxa de sedimentação fluvial, em especial por transporte de fundo.

O modelo geral da sedimentação do estuário indica sedimentos originados por aportes fluviais, de erosão local de bancos e de plataforma externa, tanto dos sedimentos derivados da erosão da plataforma continental como de sedimentos carregados pelas correntes paralelas à costa, inclusive os transportados ao longo da mesma a partir de rios adjacentes. Os rios da região de Cubatão também retrabalham sedimentos holocênicos depositados por ocasião da Transgressão Santos.

Segundo Fúlfaro e Ponçano (1976), no alto estuário santista, localizado na raíz da serra do Mar, as águas dos rios provenientes da referida serra adentram o estuário, em especial na região do canal do Porto, originando um predomínio de fluxo unidirecional que se propaga em direção à baía de Santos. A faixa de mangue que circunda o estuário detém grande parte da carga transportada por tração junto ao fundo (sedimentos arenosos) através da função de filtro exercida por sua vegetação, liberando para os canais e largos do médio estuário apenas a carga em suspensão, de natureza síltico-argilosa.

A vegetação do mangue se espalha lateralmente, favorecendo a deposição de sedimentos ao redor de suas raízes. Os bancos de lama, emersos durante a maré baixa, são ocupados por essa vegetação e se espalham lateralmente por acréscimo de detritos, originando um sistema complexo de canais que contornam pequenas ilhas vegetadas, as quais evoluem até a formação de planície de maré.

Souza Júnior et al. (2007) indicam o predomínio das frações finas (silte e argila) também nas camadas superficiais dos manguezais localizados no canal da Cosipa, em Cubatão, no rio Crumahú, em Guarujá, e nos rios Itapanhaú e Iriri, em Bertioga, todos na Baixada Santista, os quais foram classificados fisiograficamente pelos autores como do tipo ribeirinho, conforme os modelos propostos por Lugo e Snedaker (1974 apud SOUZA JÚNIOR ET al., 2007). Quando presente, a fração areia é predominantemente fina, eventualmente média, com grau de seleção variável desde pobre a bem selecionada, mas predominantemente moderado.

A região da ilha dos Bagres caracteriza-se pela presença de um substrato sedimentar arenoso cimentado por carbonato de cálcio, com alto conteúdo em fósseis marinhos, típico de uma rocha denominada *beach rock*, que representa antigos depósitos de praia posteriormente cimentados por carbonato proveniente da dissolução das próprias conchas. Segundo Fúlfaro e Ponçano (1976), esse material se encontra no fundo, servindo como substrato e contaminante para a sedimentação atual, o que conferiria aos sedimentos da ilha propriedades de energia e fluidez típicas do ambiente sedimentar pretérito, diferentes das atuais.

Para o interior do estuário, os feldspatos e os fragmentos líticos têm uma linha limite de ocorrência que coincide, grosso modo, com a faixa de manguezais, evidenciando que as frações mais grosseiras ficam nela retidas.

A área do médio estuário é palco da influência de correntes de maré, sofrendo a movimentação provocada pela ação marinha a partir da baía de Santos. Nesta área, de acordo com Yassuda (1991), o contato entre o fluxo unidirecional fluvial e o fluxo marinho é vertical, correspondendo a uma zona de quebra de energia de transporte sedimentar no sistema.

Ainda segundo Fúlfaro e Ponçano (1976), este quadro configura um processo geral de sedimentação em ambiente de baixa energia, com predomínio de sedimentação síltico-argilosa. O sedimento típico do estuário é a lama, mas ocorrem depósitos arenosos. O estuário santista tem a marcante peculiaridade de ter siltes como sedimentos mais comuns, com gradações até depósitos arenosos constituídos por areia muito fina, configurando um ambiente de sedimentação caracterizado por baixa energia e baixa taxa de floculação.

As características geomorfológicas locais constituem um sistema estuarino bem abrigado da ação de ondas, protegido pelas ilhas de São Vicente e Santo Amaro, formando um verdadeiro golfo, que favorece a sedimentação de partículas finas (LAMPARELLI, 1998).

No que se refere a processos atuais de sedimentação, o estuário santista é uma região de equilíbrio instável, onde apenas localmente ocorrem processos mais intensos de sedimentação, destacando-se as extremidades sul dos canais de São Vicente e do Porto, junto à desembocadura da baía, o largo do Caneú e as proximidades da confluência do canal de Bertioga.

Estudos de sedimentação recentes no alto estuário indicaram valores de taxa de sedimentação da ordem de 5,6 mm/ano a sudoeste da ilha de Barnabé e de 1,7 mm/ano para o largo de Santa Rita (TESSLER ET AL., 2006).

O sistema estuarino santista, mesmo que em aparente equilíbrio, reflete, no tempo geológico, um inexorável processo de assoreamento. Áreas identificadas como baixios algumas décadas atrás - como a porção norte/nordeste da ilha dos Bagres - atualmente encontram-se cobertas por manguezais e mostram, claramente, a expansão dos depósitos de planície de maré, hoje praticamente ligada ao continente.

Contudo, é importante assinalar que a ocorrência de processos erosivos nas encostas do planalto e escarpas da serra do Mar tem intensificado o fornecimento de sedimentos para a planície costeira provocando, nos últimos 40 anos, significativo assoreamento nas proximidades da ilha dos Bagres, praticamente interligada à planície. A tendência a uma sedimentação mais acentuada nessa porção do largo do Canéu já havia sido apontada por Fúlfaro e Ponçano (1976).

Segundo Fúlfaro e Ponçano (1976), a eventual erradicação dos manguezais poderá ter efeitos deletérios, favorecendo o acesso de sedimentos aí retidos a outras áreas do estuário, devido à eliminação do filtro natural existente, pela destruição da vegetação e a degradação das argilas.

10.1.9.2.2 Baía de Santos

A baía de Santos compreende duas áreas de sedimentação distintas, conforme Fúlfaro e Ponçano (1976) e Ponçano e Fúlfaro (1976): a primeira ocupa a metade oriental da baía, e é influenciada por um fluxo unidirecional proveniente do estuário santista e que sai pelo canal do Porto, enquanto que a outra, a oeste, entre a ponta de Itaipu e a barra de São Vicente, é comandada por correntes de maré oriundas da plataforma continental adjacente. Segundo os autores, haveria entrada de sedimentos na baía nessa segunda zona, que seriam parcialmente depositados ao longo das praias da ilha de São Vicente, restando material em suspensão que seguiria para a zona de influência do fluxo unidirecional do estuário.

Conforme Ponçano e Fúlfaro (1976), na região de Santos e Itanhaém opera uma corrente costeira principal sudoeste-nordeste, que é defletida na altura de Santos em consequência da inflexão da linha de costa nessa região. Ao largo da ponta de Itaipu predominam sedimentos arenosos dispostos em faixas aproximadamente paralelas ao sentido predominante das correntes costeiras, que os transportam e depositam ao longo das praias de São Vicente e Santos, enquanto que nas porções central e leste da baía os sedimentos são principalmente siltosos e argilosos, transportados em suspensão pelo fluxo proveniente do estuário, que nessa região se associa às correntes procedentes da porção oeste da baía, ocasionando a deposição de parte dessa carga de sedimentos finos. O fluxo é direcionado ainda para a ponta da Munduba, onde é defletido para a ilha da Moela, afastando-se da linha de costa (Fúlfaro; Ponçano, 1976; Ponçano; Fúlfaro, 1976).

Estudos mais recentes apontam para a existência de duas áreas de sedimentação distintas na baía de Santos: a central, particularmente centro-oeste, caracterizada por maior teor de finos e de matéria orgânica sedimentar, e a periférica, próxima à costa, onde não é significativa a sedimentação de matéria orgânica (FUKUMOTO, 2003).

Foram identificados, também, três centros principais de sedimentação de finos e de matéria orgânica: a desembocadura do canal do Porto; a porção a oeste da ponta da Munduba; e o centro-oeste da baía de Santos, a oeste do Emissário Submarino de José Menino.

Segundo Fukumoto (2003), a sedimentação na desembocadura do canal do Porto está possivelmente relacionada à quebra de energia do fluxo no encontro das águas do canal com as da baía. Já na ponta da Munduba, a sedimentação está diretamente relacionada a fatores hidrodinâmicos, mas pode ter sofrido influência do descarte do sedimento de dragagem do canal do Porto, em década anteriores. Na porção centro-oeste da baía, o controle sedimentar parece ser exercido tanto pela hidrodinâmica da área, com aporte de sedimentos marinhos vindos de sudoeste, quanto pela influência do emissário submarino, que pode ter agido como barreira hidráulica, alterando a circulação nessa porção da área e criando um ambiente propício ao desenvolvimento de organismos marinhos.

Os dados de Fukumoto (2003) indicam, ainda, de forma geral, aumento da influência marinha sobre a sedimentação da baía nas últimas centenas de anos, à exceção da desembocadura do canal do Porto, onde os sedimentos têm caracterísiticas mais próximas das continentais. Ocorre, também, aumento da granulometria dos sedimentos, o que pode indicar aumento de energia do meio.

O modelo de circulação de água na baía de Santos de autoria de Rocha (2003) indica um quadro geral de entrada de água em superfície, até 3 m de profundidade, e saída pelo fundo, entre 6 m e 12 m de profundidade. Nas profundidades de 3 m e 6 m a autora identificou a formação de vórtices localizados próximo à desembocadura do canal do Porto, de giro anti-horário, e outro próximo à desembocadura do canal de São Vicente, de sentido horário. Na desembocadura da baía, as correntes residuais de fundo tendem à direção leste-oeste.

Rocha (2003) confirma a concentração de finos na porção centro-oeste da baía, na desembocadura do canal do Porto e ao sul da ilha de Santo Amaro.

Segundo a autora, a areia predomina na baía, o que pode ser explicado pela ação das correntes de superfície, que são mais intensas e levam os sedimentos finos em suspensão. As concentrações de silte e argila indicam zonas de menor energia.

Enquanto que na porção leste da baía a areia é muito fina e bem selecionada, o lado oeste apresenta um padrão heterogêneo, com predomínio da fração silte, o que indica um fluxo principalmente unidirecional na porção oeste da baía e a ação de transporte de fundo na porção leste, controlado pelas correntes de maré.

A tendência de transporte de sedimentos no interior da baía é de leste para oeste junto à ilha de São Vicente, a partir do canal do Porto, havendo uma grande zona de deposição na porção centro-oeste relacionada ao encontro dos fluxos provenientes dos canais do Porto e de São Vicente. Na desembocadura da baía o transporte leste-oeste está relacionado a correntes de fundo de mesma direção.

A região sudeste da baía de Santos é caracterizada por alto teor de finos e por ser uma zona propícia à deposição de sedimentos, em que a tendência de transporte de sedimento seria a partir do canal do Porto até mar aberto, contornando a ilha de Santo Amaro. Vale ressaltar que os sedimentos lamosos presentes nessa região podem ter sua origem relacionada aos processos de disposição de material dragado do canal do Porto nas proximidades da ponta da Munduba e da ilha da Moela.

Rocha (2003) atribui as diferenças entre o modelo de Fúlfaro e Ponçano (1976) e os atuais a dois fatores: (1) influência de eventos de baixa frequência, por exemplo a passagem de frentes frias, na granulometria de fundo, e (2) eventual influência antrópica no sistema, seja pela construção do Emissário Submarino de José Menino, que funcionaria como barreira hidráulica, seja pela disposição de sedimentos dragados nas proximidades da ponta da Munduba.

Tessler et al. (2006) observaram taxas de sedimentação de 4,0 mm/ano próximo à desembocadura do canal do Porto e de 2,7 mm/ano na porção central da baía ao longo dos últimos 70 anos.

10.1.10 CLIMA

10.1.10.1 MÉTODOS DE TRABALHO

A definição dos tipos de clima em função da temperatura e regime de precipitações, nas áreas de influência do empreendimento, teve, por base, o Sistema de Classificação Climática (SCC) de KÖEPPEN & GEIGER (1928); os mapeamentos dos tipos de clima do Estado de São Paulo realizados por SETZER (1967) e ROLIM *et al*. (2007); a classificação climática do Daee (1975), e a compilação de PRADO *et al*. (2006), utilizando o banco de dados de precipitação diária do Daee gerido pelo FCTH – Centro Tecnológico de Hidráulica, no período de janeiro de 1947 a dezembro de 1997.

Os dados referentes às condições meteorológicas da Região Metropolitana de São Paulo tiveram, por base, informações das estações meteorológicas Edgard de Souza (1974 a 1988), Universidade de São Paulo (1974 a 1985), Guarapiranga (1970 a 1988) e Mirante de Santana (1961 a 1990). As direções dos ventos foram obtidas a partir dos estudos de OLIVEIRA (1983 e 1992), e das estações Congonhas da INFRAERO e Capuava da Cetesb (FESPSP, 2004).

Na Baixada Santista, foram utilizados os dados da estação OMM (83818), situada na Cidade de Santos, obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Cetesb. Para todos os municípios paulistas, os dados meteorológicos foram obtidos da Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009).

Foram, também, considerados os dados meteorológicos utilizados no "Estudo das Emissões Atmosféricas do Projeto Uniduto" dos futuros terminais. Esses dados compreenderam temperatura, por meio do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO de Botucatu, São Paulo, Santos, Paulínia, Santa Bárbara d´Oeste e Ribeirão Preto; pressão atmosférica e velocidade do vento pelo INMET de Piracicaba, Avaré e São Paulo, Cetesb de Osasco, Cubatão e Paulínia, e Instituto de Controle do Espaço Aéreo – ICEA de Ribeirão Preto; e fator de insolação pelo AOM GISS NASA (http://aom.giss.nasa.gov/srmonlat.html).

10.1.10.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

10.1.10.2.1 Introdução

O quente e estacionário Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), e as incursões de anticiclones migratórios frios, como o Anticiclone Polar Atlântico (APA), controlam a circulação atmosférica no sul da América do Sul. O Estado de São Paulo se encontra em uma faixa de transição onde ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e extratropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos. Durante todo o ano, a Massa Tropical Atlântica – que é originária da ATA e está associada a ventos alísios de direção E e NE – atua na costa do estado.

O APA é representado pela Massa Polar Atlântica (PA), pela Massa Polar Velha (PV) e pela Frente Polar Atlântica (FPA). Durante a PA, atuam ventos de direção SW-S-SE, que mudam para E e NE na PV. A FPA, conhecida como frente fria, é provocada pelo choque entre os sistemas tropicais e polares, mais rigorosa no inverno mas podendo ocorrer durante todo o ano.

De modo geral, o clima do Estado de São Paulo pode ser dividido, quanto às precipitações pluviométricas, em duas estações, sendo uma chuvosa, compreendendo o período de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. A estação chuvosa é influenciada pelo aquecimento continental, o qual, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorece a ocorrência de chuvas abundantes.

Na estação seca, o clima é muito influenciado pelas frentes frias provenientes do sul do continente, sendo essa estação caracterizada pela diminuição da pluviosidade e das temperaturas, e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica, o que propicia condições mais desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera. Além das características gerais das duas estações, o estado também apresenta regiões com fortes contrastes climáticos, em função das diferentes condições de relevo e vegetação.

Por meio de cartas de superfície, Lemos (2000) observou que, de 1981 a 1998, o número médio de frentes frias que se deslocaram sobre o leste do Estado de São Paulo foi de nove no verão, 11 no outono, 12 no inverno e 12 na primavera. Oliveira (1986), a partir de imagens de satélite GOES de 1975 a 1984, registrou, em média, 10 frentes frias no verão, 11 no outono, 12 no inverno e 14 na primavera, verificando que apenas algumas conseguem organizar uma banda de convecção tropical (nebulosidade com precipitação) sobre o continente, e que o número de frentes frias que provocam condições de chuva durante o inverno é menor do que no verão.

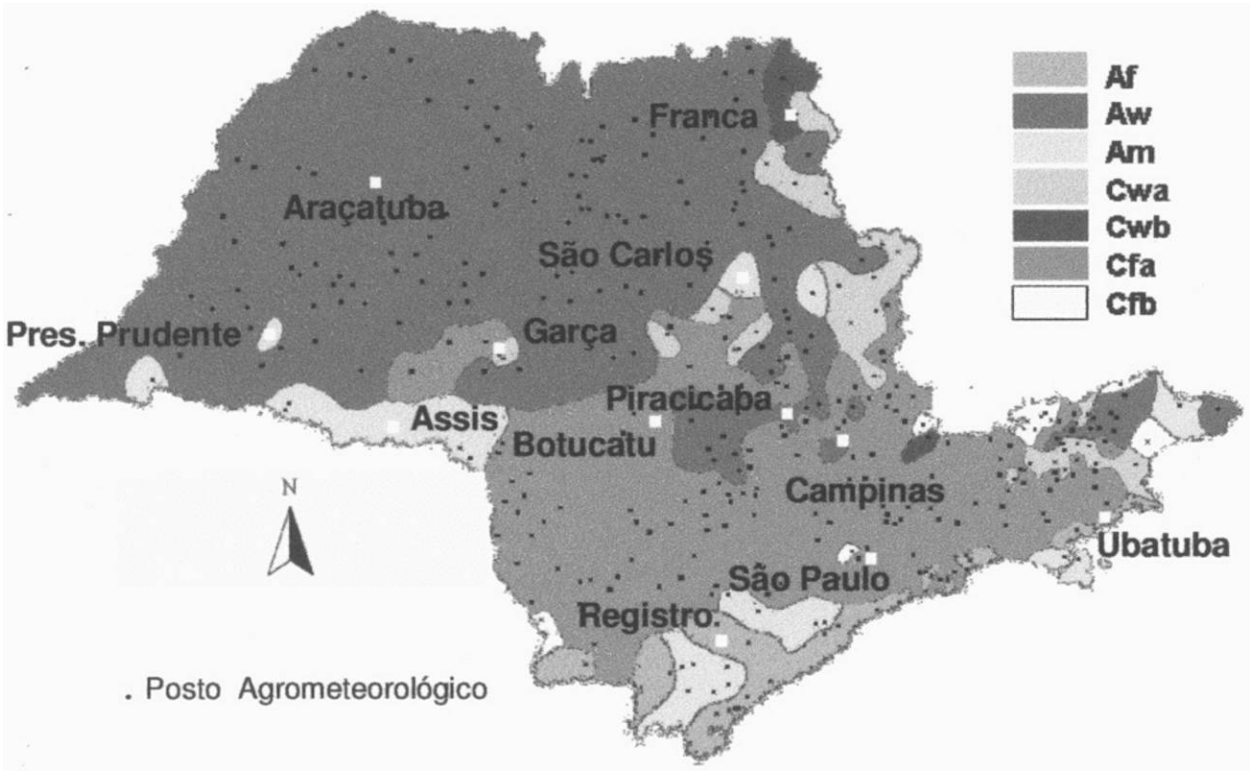
Segundo o Sistema de Classificação Climática (SCC) de KÖEPPEN & GEIGER (1928) – que define os diferentes tipos de clima em função da temperatura e regime de precipitações, em Climas Úmidos Tropicais (A), Climas Secos (B), Climas Úmidos de Temperaturas Brandas (C), Climas Úmidos de Temperaturas Baixas (D) e Climas de Regiões Polares (E) – o Estado de São Paulo apresenta duas classes de climas: Úmido Tropical (A) e Úmido de Temperaturas Brandas (C).

Dentro dessas classes definem-se ainda, em função das distribuições anuais de chuva e de suas amplitudes térmicas anuais, tipos e grupos climáticos simbolizados por uma segunda letra minúscula, denominados constantemente úmido (f), tipo monção (m), inverno seco (w) e verão seco (s), e subgrupos na classe C, simbolizados por uma segunda letra também minúscula, com significados específicos da região de interesse. Segundo essa tipologia, o Estado de São Paulo apresenta seis tipos de clima, definidos como Aw, Af, Cwa, Cfa, Cwb e Cfb.

A classificação climática do Daee (1975) define o índice mensal de efetividade de precipitação (Im) através da fórmula (Im = P / 2t/10), onde P é a precipitação média mensal (mm); t é a temperatura em graus centígrados, e o Im anual corresponde à soma dos 12 Im mensais. A partir daí, são definidos os padrões de umidade do clima classificados em A, B, C, D, E, F e G, de acordo com limites de Im anuais preestabelecidos para cada uma dessas classes.

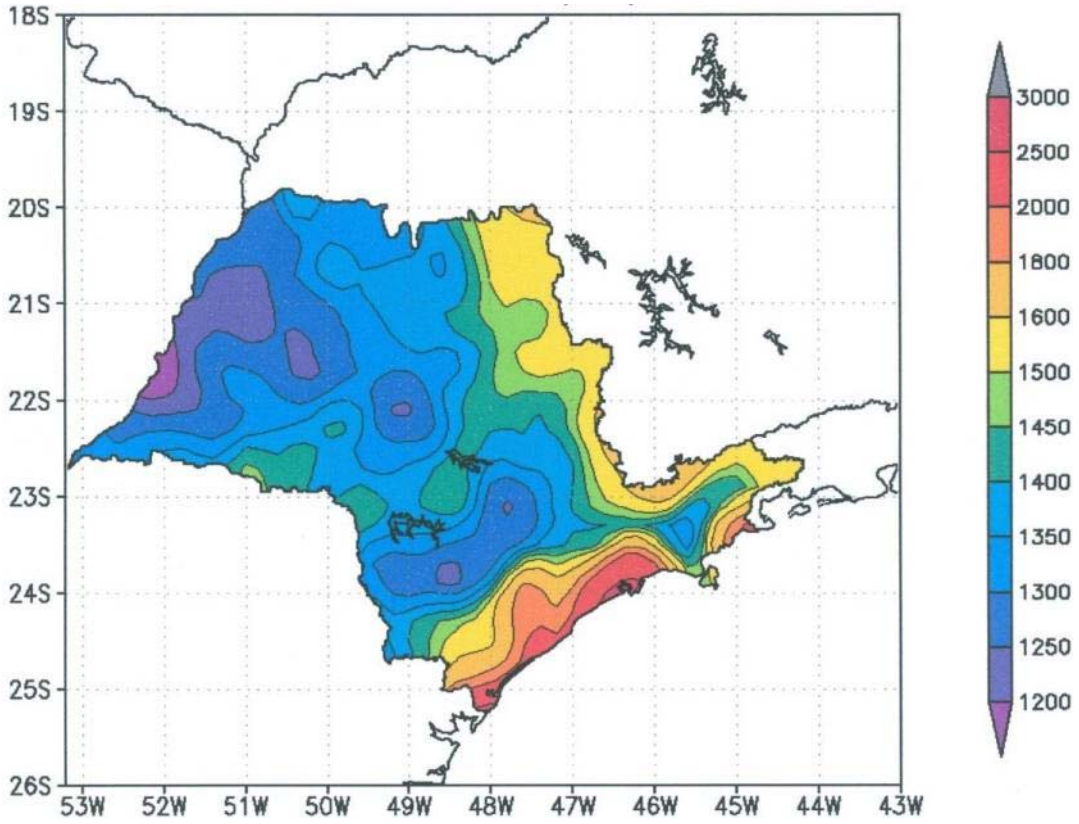
O último mapeamento dos tipos de clima do Estado de São Paulo foi realizado por SETZER em 1967, a partir do SCC de KÖEPPEN. ROLIM et al. (2007), utilizando dados agrometeorológicos de 427 localidades do estado, publicaram o mapa de Köeppen modificado, que é apresentado na **Figura 10.1.10.2.1-1** a seguir.

FIGURA 10.1.10.2.1-1: Climas do Estado de São Paulo pelo sistema de KÖPPEN, modificado por ROLIM *et al*. (2007)



PRADO *et al*. (2006), utilizando o banco de dados de precipitação diária do Daee gerido pelo FCTH – Centro Tecnológico de Hidráulica, estudaram os registros pluviométricos de 1.122 postos distribuídos pelo Estado de São Paulo, no período de janeiro de 1947 a dezembro de 1997, estimaram as médias anuais e a frequência média de dias chuvosos, e seus respectivos desvios-padrão. Na **Figura 10.1.10.2.1-2** a seguir, é apresentada a distribuição espacial da chuva média anual no estado, durante o período estudado.

FIGURA 10.1.10.2.1-2: Distribuição das chuvas médias anuais no Estado de São Paulo, segundo PRADO et al. (2006)



Baixada Santista

Segundo o SCC de KÖEPPEN, o clima na Baixada Santista é tropical úmido, sem estação seca, do tipo Af, com temperaturas maiores ou iguais a 18°C e 22°C nos meses mais frio e mais quente, respectivamente, e total de chuva superior ou igual a 60mm no mês mais seco (ROLIM, 2007).

Analisando-se os dados da estação meteorológica da OMM, de número 83818, situada na Cidade de Santos (46,29ºW e 23,93ºS) – obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – observa-se uma pequena variação de temperatura entre o verão e o inverno, evidenciando a influência do oceano nas temperaturas e uma boa distribuição de ventos e umidade durante todo o ano.

Não se observa grande diferença entre os regimes de chuvas das estações seca e chuvosa, e o regime pluviométrico é fortemente influenciado pelo relevo. A orla litorânea recebe entre 2.000mm e 2.500mm de chuvas anualmente, enquanto nas áreas elevadas esses índices variam de 1.600mm a 3.000mm, com dois períodos bastante distintos: um chuvoso, de novembro a março, com as maiores precipitações ocorrendo em dezembro e janeiro, e um de estiagem, de abril a outubro, com mínimas registradas em julho e agosto. O balanço hídrico é sempre positivo na região.

As variações de temperatura também são muito influenciadas pela altitude. Na planície litorânea, a temperatura média anual é superior a 24°C e a média das mínimas, em julho, ultrapassa os 16°C. Na encosta da Serra do Mar, a temperatura média anual oscila entre 20°C e 24°C, e a média das mínimas varia entre 8°C e 10°C.

No período da manhã, os ventos apresentam direção sul/leste durante todo o ano, e no período da tarde sopram de todas as direções, mas com predomínio de noroeste e maior magnitude no período das chuvas. Durante a noite, predominam os ventos de leste durante todo o ano. De manhã, as velocidades variam entre 4m/s e 10m/s, com predomínio entre 4m/s e 6m/s, e à tarde tendem a aumentar, atingindo 11m/s a 21m/s. No período noturno, observam-se as mesmas velocidades da manhã, mas com ocorrências de reduções para 1m/s a 3m/s.

De modo geral, os ventos apresentam pequena intensidade durante a manhã, facilitando a formação de inversões térmicas de radiatividade, o mesmo ocorrendo no inverno, no período da noite, e ficam mais intensos no período da tarde. Apresentam intensidade média a alta durante todos os meses do ano, o que pode estar relacionado com a brisa marítima. Durante a maior parte do ano, a cobertura média de nuvens é, quase sempre, baixa durante a manhã, sendo alta a calmaria do vento. À tarde e à noite, é maior a cobertura, não ocorrendo muita perda de radiação durante a noite, o que dificulta a formação de inversões térmicas de radiação.

De acordo com a avaliação meteorológica realizada nos estudos ambientais para a dragagem do Canal de Piaçaguera e gerenciamento dos passivos ambientais da Cosipa (2004), as condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes, e sua contribuição no processo são: ausência de precipitação pluviométrica (94,7%); diferença superior a 10ºC entre a temperatura mínima e a temperatura máxima do dia anterior (84,2%), justificando a pouca cobertura de nuvens; umidade relativa do ar inferior a 50% (68,4%); ventos de NW (52,4%), e calmarias (42%).

Na **Tabela 10.1.10.2.1-1**, são apresentados os dados climatológicos referentes aos municípios de Cubatão, Santos e Guarujá, conforme a Cepagri / Unicamp, referentes ao período de junho de 1988 a outubro de 2008 (www.cpa.unicamp.br, 2009).

TABELA 10.1.10.2.1-1: Dados climatológicos de municípios da Baixada Santista (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Cubatão	10	18,0	31,4	24,7	100,0	334,0	2.625,8
Santos	10	18,1	31,1	24,6	93,3	284,4	2.143,1
Guarujá	10	18,0	31,3	24,7	155,6	412,8	3.413,0

As temperaturas médias são de 24,6ºC a 24,7ºC, com mínima média de 13,3ºC a 13,4ºC e máxima média de 34,4ºC (Santos). As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 3.413,0mm (Guarujá) e 2.143,1mm (Santos). O período chuvoso se estende de outubro a março, com 178,3mm a 412,8mm de precipitações médias mensais. Na estiagem, de abril e setembro, o menor índice médio é de 93,3mm, no mês de agosto, em Santos, e o maior é de 293,4mm, em abril, no Guarujá.

Na **Tabela 10.1.10-2** a seguir, são apresentados os dados climatológicos anuais obtidos pela Cetesb em 2002 (MRS, 2005), para o Município de Santos, referentes às normais climatológicas do período de 1961 a 1990.

Os dados da Cidade de Santos mostram que, no inverno, durante o período da manhã, a calmaria dos ventos pode chegar a valores de até 70%, o mesmo devendo ocorrer nas cidades de São Vicente e Guarujá. Nas cidades de Cubatão, Bertioga, Caraguatatuba e Ubatuba, pode-se presumir que os valores de calmarias sejam maiores, dado a proximidade da Serra do Mar.

TABELA 10.1.10.2.1-2: Dados climatológicos anuais para o Município de Santos (1961-1990) (Cetesb, 2002, em MRS, 2005)

Parâmetro	Dado climatológico
Temperatura média	21,3°C
Precipitação total	2.081mm
Umidade relativa média	80%
Insolação total	1.494h
Nebulosidade média (0-10)	6,3

Em Santos, São Vicente e Guarujá, são boas as condições de dispersão de poluentes durante a tarde e a noite, e para poucas inversões térmicas por perda radiativa, mas o alto valor das calmarias e a baixa velocidade do vento durante a manhã podem dificultar a dispersão dos poluentes nesse período. Climatologicamente, as condições favoráveis são atingidas durante a estação das chuvas (outubro a março) e as desfavoráveis na estação seca (abril a setembro), o que não significa que, em alguns casos, durante alguns dias, o contrário não possa ocorrer.

Para o estudo das emissões atmosféricas no terminal Guarujá, desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL, foram pesquisados os dados meteorológicos de 2007 a 2009 do CIIAGRO de Santos, Cetesb de Cubatão e AOM GISS NASA. Foram obtidas as temperaturas máxima, mínima e média mensais de 26,78°C, 19,49°C e 23,13°C, respectivamente; média mensal de fator de insolação de 385,06W/m^2; pressão atmosférica média mensal de 1.020,57hPa, e 1,21m/s de velocidade média mensal do vento.

Planalto Atlântico, Planalto Paulista e Serra do Mar

O Sistema de Classificação Climática (SCC) de KÖEPPEN indica, para a região dos planaltos Atlântico e Paulista, apenas os tipos Cwb e CfB. O clima Cwb predomina na bacia do Alto Tietê, em toda a região do eixo central do rio Tietê e seus principais afluentes, desde sua cabeceira até as proximidades da barragem de Edgard de Souza. É temperado ou quase temperado, de inverno seco, com temperatura média do mês menos quente inferior a 18°C e no mês mais quente não superior a 22°C. O total de chuvas no mês mais seco não atinge 30mm e a altura pluviométrica no mês mais chuvoso pode ser superior a 10 vezes a do mês mais seco.

O clima Cfb ocupa o restante da bacia do Alto Tietê, numa faixa adjacente à área de domínio do clima Cwb, abrangendo as cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do rio Tietê e as bacias dos reservatórios de Guarapiranga e Billings, a bacia do rio Juqueri e as cabeceiras das bacias dos rios Cotia e São João do Barueri. É caracterizado como temperado úmido, sem estiagem, com precipitação total no mês mais seco não ultrapassando 30mm.

No topo da escarpa da Serra do Mar, já no limite sul da bacia do Alto Tietê, atingindo as bacias dos rios que deságuam no litoral, ocorre uma estreita faixa de clima tipo Cfa, com mês mais quente alcançando uma temperatura média superior a 22°C. É caracterizado como quente úmido, sem estação seca, com precipitação total no mês mais seco maior ou igual a 30mm.

Pela classificação climática do Daee, os tipos de clima encontrados na bacia do Alto Tietê são o Clima Úmido (C: 28,3 > Im > 20), seguido por Clima Muito Úmido em menor proporção (B: 40 > Im > 28,3) e Clima Super Úmido, em proporção ainda menor (A: Im > 40). Outras classificações de subordens, em função de outras variáveis, também são aplicadas.

Das nascentes do rio Tietê até o desemboque do rio Pinheiros, tendo como limite ao Norte, a Serra da Cantareira, e se estendendo mais para o Sul, a região é de Clima Úmido Subtropical de Inverno Seco (Ccw) e, mais ao Sul, Clima Úmido Subtropical Sem Estiagem (Ccr).

O Clima Superúmido, Temperado e Sem Estiagem (Adr) domina uma estreita faixa vizinha ao divisor de águas das bacias da vertente marítima. O Clima Muito Úmido, Temperado e Sem Estiagem (Bdr) domina mais ao Norte, paralelamente à faixa anterior, desde a região leste da bacia, numa estreita faixa, até as cercanias da Cidade de Mogi das Cruzes, abrindo-se até abranger cerca de metade do reservatório Billings e Guarapiranga, e cabeceira do rio Cotia. No restante da bacia, entre esta faixa e a região central da mesma (Ccw e Ccr), a região oeste, da confluência do rio Pinheiros até o reservatório de Pirapora e a bacia do rio Juqueri, domina o Clima Muito Úmido, Subtropical e Sem Estiagem (Bcr).

A distribuição espacial das precipitações é fortemente influenciada pela proximidade oceânica e pela escarpa da Serra do Mar, com alturas pluviométricas mais elevadas na região do platô compreendido entre o divisor de águas da Serra do Mar e a escarpa da vertente marítima. As maiores alturas pluviométricas situam-se na área elevada da bacia do rio Itapanhaú, com precipitação média anual da ordem de 4.500mm e a orla do platô entre as isoietas de 3.000mm e 3.500mm.

Desde o divisor de águas da Serra do Mar até o vale do Tietê, as alturas de precipitação decrescem gradualmente, com orientação quase paralela às curvas de nível e proporcionalmente à variação de cotas, atingindo, na região do vale do rio, a isoieta de 1.300mm anuais. Em direção à Serra da Cantareira, no sentido do vale do Tietê, observa-se um acréscimo de precipitação, com isoietas de 1.400mm anuais a até 1.500mm anuais no trecho superior da bacia do rio Juqueri. A menor altura ocorre na região da bacia do rio Paraitinga, com altura de precipitação de 1.200mm anuais.

Na **Tabela 10.1.10.2.1-3** a seguir são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios dos registros efetuados nos municípios de Santana de Parnaíba, Barueri, Carapicuíba, Osasco, Cotia, Embu, Itapecerica da Serra, São Paulo e São Bernardo do Campo, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009).

TABELA 10.1.10.2.1-3: Dados climatológicos de municípios do Planalto Paulistano (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Santana de Parnaíba	720	14,1	26,5	20,3	37,3	221,7	1.413,1
Barueri	740	13,9	26,3	20,1	32,6	249,3	1.439,4
Carapicuíba	780	13,7	26,0	19,8	34,0	242,9	1.419,8
Osasco	760	13,8	26,1	20,0	32,6	247,0	1.429,7
Cotia	820	13,4	25,6	19,5	41,1	210,9	1.322,2
Embu	775	13,7	25,9	19,8	34,1	205,9	1.261,7
Itapecerica da Serra	900	12,9	25,0	18,9	33,0	205,2	1.252,6
São Paulo	860	15,7	25,7	20,7	34,1	238,2	1.376,2
São Bernardo do Campo	760	13,7	26,0	19,9	48,7	218,0	1.473,5

As temperaturas médias do ar variam de 15,1ºC (Itapecerica da Serra) a 24,0ºC (São Paulo), com mínima média de 8,4ºC (Itapecerica da Serra) e máxima média de 28,9ºC (Santana de Parnaíba). As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 1.473,5mm (São Bernardo do Campo) e 1.252,6mm (Itapecerica da Serra). O período chuvoso se estende de outubro a março, com 107,6mm a 249,3mm de precipitações médias mensais. Na estiagem, de abril e setembro, o menor índice médio é de 32,6mm, no mês de agosto, em Barueri e Osasco, e o maior é de 95,2mm, em setembro, em São Bernardo do Campo.

Na região metropolitana de São Paulo, os parâmetros atmosféricos apresentam variações por vezes consideráveis, pois a superfície dos terrenos se encontram descaracterizadas pelas áreas e tipos de ocupação, o que gera taxas caloríficas diversificadas, com influência direta no transporte vertical de calor, nebulosidade e pliuviosidade. Na **Tabela 10.1.10.2.1-4** a seguir, são apresentados os dados climatológicos obtidos nas estações meteorológicas Edgard de Souza (1974 a 1988), Universidade de São Paulo (1974 a 1985), Guarapiranga (1970 a 1988) e Mirante de Santana (1961 a 1990).

TABELA 10.1.10.2.1-4: Dados climatológicos de estações meteorológicas da Grande São Paulo (INEMET, 1992)

Estação	Temperatura média do ar (ºC)			Umidade relativa do ar média anual (%)		Precipitação média anual (mm)
	Mínima anual	Média anual	Máxima anual	Mínima	Máxima	
Edgard de Souza	14,2	20,2	25,2	73	80	-
USP	15,2	19,1	24,7	73,2	80	-
Guarapiranga	15,4	20,1	23,9	73,2	81,3	1.640
Mirante de Santana	15,5	19,3	24,9	74	80	1.455

A seguir, são apresentados na **Tabela 10.1.10.2.1-5** os dados climatológicos anuais obtidos pela Cetesb em 2002 (MRS, 2005), para o Município de São Paulo, a partir das normais climatológicas de 30 anos (1961-1990).

TABELA 10.1.10.2.1-5: Dados climatológicos anuais para o Município de São Paulo (1961-1990) (Cetesb, 2002, em MRS, 2005)

Parâmetro	Dado climatológico
Temperatura média	19,3ºC
Precipitação total	1.455mm
Umidade relativa média	78%
Insolação total	1.733h
Nebulosidade média (0-10)	7,2

As direções dos ventos na RMSP foram estudadas por OLIVEIRA (1983 e 1992), para fins de transporte de poluentes atmosféricos, a partir de medições realizadas pela Cetesb durante um período de dois anos. Observou que a tendência geral dos ventos é soprar de Sul/Sudeste para Norte/Noroeste, sendo que, durante a madrugada e a manhã, predomina a componente de Leste para Oeste, e à tarde e noite a de Sul para Norte.

Medições realizadas nas estações meteorológicas Edgard de Souza e USP, indicam uma tendência de fluxo dos ventos de Sudeste para Noroeste, com velocidades máximas médias de 36m/s no mês de setembro. Nas estações Congonhas da INFRAERO e Capuava da Cetesb, predominam os ventos de Sul para Sudeste, com velocidades médias, medidas durante o ano de 1998, de 3,5m/s e 2,1m/s, e calmarias médias de 24,8% e 11%, respectivamente (FESPSP, 2004).

Quando a RMSP está sob a atuação do anticiclone subtropical marítimo e uma frente fria se encontra ao sul do estado, a condição meteorológica na região provoca uma diminuição da velocidade do vento (normalmente inferior a 1,5 m/s), muitas horas de calmaria (velocidade do vento em superfície inferior a 0,5 m/s), céu claro, grande estabilidade atmosférica e formação de inversão térmica muito próxima à superfície (abaixo de 200m), condições estas desfavoráveis à dispersão dos poluentes emitidos na região.

Normalmente, essa situação de estagnação atmosférica é interrompida com a chegada de uma nova massa de ar associada a um sistema frontal, aumentando a ventilação, instabilidade e, em muitos casos, provocando a ocorrência de precipitação. Outra peculiaridade é que, no período seco, a umidade relativa do ar chega a atingir valores de 15%, principalmente no mês de setembro, trazendo grande desconforto à população.

Para o estudo das emissões atmosféricas no terminal RMSP (Caieiras) desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL, os dados meteorológicos obtidos de 2007 a 2009 através do CIIAGRO e INMET de São Paulo, Cetesb de Osasco e AOM GISS NASA indicaram temperaturas máxima, mínima e média mensais de 26,12°C, 16,75°C e 21,44°C, respectivamente; 386,70W/m^2 de média mensal do fator de insolação; 926,13hPa de pressão atmosférica média mensal, e 1,87m/s de velocidade média mensal do vento.

Planalto de Jundiaí e Depressão Periférica Paulista

A região compreendida pelo Planalto de Jundiaí e Depressão Periférica Paulista apresenta clima temperado úmido de inverno seco e verão quente, com temperaturas brandas, do tipo Cwa pelo Sistema de Classificação Climática (SCC) de KÖEPPEN (CEPAGRI / UNICAMP, 2009). A temperatura média do mês menos quente é inferior a 18°C e ultrapassa 22ºC no mês mais quente. O total de chuvas no mês mais seco pode não atingir 30mm e a altura pluviométrica no mês mais chuvoso pode ser superior a 10 vezes a do mês mais seco.

Nas tabelas 10.1.10-6 a 10.1.10-8 a seguir são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios, das séries históricas de registros efetuados nos municípios de Campinas, Jundiaí e Caieiras, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009). Para Campinas, as medições se referem ao período de junho de 1988 a outubro de 2008.

A análise dos valores apresentados mostra que, para o trecho da dutovia que se desenvolve pelo Planalto de Jundiaí e Depressão Periférica Paulista, entre Campinas e Caieiras, mostra que as temperaturas médias do ar variam de 16,1ºC (Caieiras) a 24,8ºC (Campinas), com mínima média de 9,2ºC (Caieiras) e máxima média de 30,0ºC (Campinas).

As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 1.537,1mm (Caieiras) e 1.350,5mm (Jundiaí). O período chuvoso se estende de outubro a março, com 123,2mm a 269,1mm de precipitações médias mensais. Na estiagem, de abril a outubro, o menor índice médio é de 22,6mm, no mês de agosto, em Campinas, e o maior é de 138,9mm, em outubro, em Caieiras.

A umidade relativa do ar média anual em Campinas, onde existe registro, é de 47,6%, com mínima de 37,1% em agosto, e máxima de 56,2% em janeiro.

TABELA 10.1.10.2.1-6: Dados climatológicos do Município de Campinas (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)					Chuva (mm)	Umidade (%)
	média	máxima média	máxima absoluta	mínima média	mínima absoluta	média	(15h)
Janeiro	24,7	29,7	36,9	19,8	14,0	269,1	56,2
Fevereiro	24,8	30,0	36,0	19,7	14,2	208,7	55,3
Março	24,5	29,8	35,2	19,3	13,3	165,2	50,6
Abril	23,1	28,7	34,1	17,5	7,0	61,6	46,3
Maio	19,8	25,4	32,0	14,2	4,0	62,8	46,3
Junho	18,9	25,0	31,0	12,8	0,0	36,8	43,4
Julho	18,4	24,8	31,4	12,0	2,0	44,8	40,6
Agosto	20,3	27,1	34,7	13,6	5,0	22,6	37,1
Setembro	21,7	27,7	37,6	15,7	5,6	62,5	45,9
Outubro	23,2	29,0	37,4	17,5	8,6	126,2	46,6
Novembro	23,7	29,3	36,8	18,2	11,0	155,7	48,3
Dezembro	24,3	29,6	36,0	19,1	11,6	195,5	54,0
Anual	22,3	28,0	37,6	16,6	0,0	1.411,5	47,6

TABELA 10.1.10.2.1-7: Dados climatológicos do Município de Jundiaí (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	19,0	29,0	24,0	222,6
Fevereiro	18,3	29,2	23,8	178,5
Março	18,0	29,0	24,0	143,2
Abril	14,8	27,0	20.9	63,9
Maio	12,0	25,0	18,5	70,8
Junho	10,5	23,8	17,1	48,5
Julho	9,9	23,9	16,9	39,3
Agosto	11,2	25,9	18,6	37,7
Setembro	13,2	26,9	20,0	67,2
Outubro	14,9	27,5	21,2	123,2
Novembro	15,9	28,2	22,1	142,1
Dezembro	18,0	29,0	24,0	213,5
Anual	14,6	27,0	20,9	1.350,5
mínima	9,9	23,8	16,9	37,7
máxima	19,0	29,2	24,0	222,6

TABELA 10.1.10.2.1-8: Dados climatológicos do Município de Caieiras (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	17,4	28,4	22,9	247,0
Fevereiro	17,6	28,4	23,0	209,3
Março	16,8	28,0	22,4	172,1
Abril	14,1	26,0	20,1	79,0
Maio	11,4	24,1	17,7	75,4
Junho	9,8	22,9	16,3	61,4
Julho	9,2	23,0	16,1	48,2
Agosto	10,5	24,9	17,7	45,2
Setembro	12,4	25,9	19,1	92,8
Outubro	14,2	26,5	20,4	138,9
Novembro	15,2	27,3	21,2	148,9
Dezembro	16,6	27,4	22,0	218,9
Anual	13,8	26,1	19,9	1.537,1

A aproximação de uma frente fria proveniente do sul do estado, quando a região se encontra em condição de anticiclone subtropical marítimo, ocorre redução da velocidade do vento, em geral inferior a 1,5m/s, com horas de calmaria, céu claro, grande estabilidade atmosférica e formação de inversão térmica próxima à superfície, criando condições desfavoráveis à dispersão de poluentes. Essa situação somente é interrompida com a chegada de nova massa de ar associada a um sistema frontal, aumentando a ventilação e provocando a ocorrência de precipitação.

Trecho Botucatu-Paulínia

De acordo com o Sistema de Classificação Climática (SCC) de KÖEPPEN, o trecho da dutovia compreendido entre os terminais Botucatu e Paulínia apresenta clima predominante do tipo Cwa, temperado úmido de inverno seco e verão quente com temperaturas brandas (CEPAGRI / UNICAMP, 2009). A temperatura média do mês menos quente é inferior a 18ºC e pode ultrapassar 25ºC no mês mais quente. O total de chuvas no mês mais seco situa-se entre 37,7mm e 26,9mm, e a altura pluviométrica no mês mais chuvoso varia de 224,0mm a 255,8mm em Botucatu e Paulínia, respectivamente, com mínima média de 10,0ºC (Piracicaba) e máxima média de 31,0ºC (Paulínia).

Nas tabelas 10.1.10-9 a 10.1.10-11 a seguir são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios, das séries históricas de registros efetuados nos municípios de Anhembi, Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009).

TABELA 10.1.10.2.1-9: Dados climatológicos do Município de Anhembi (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	19,3	30,8	25,0	229,8
Fevereiro	19,5	30,9	25,2	196,2
Março	18,7	30,5	24,6	141,7
Abril	16,0	28,7	22,4	65,6
Maio	13,3	26,7	20,0	60,5
Junho	11,9	25,5	18,7	46,5
Julho	11,3	25,7	18,5	32,5
Agosto	12,7	27,9	20,3	30,9
Setembro	14,7	28,7	21,7	64,6
Outubro	16,3	29,4	22,8	116,0
Novembro	17,3	30,0	23,6	127,6
Dezembro	18,6	30,0	24,3	195,3
Anual	15,8	28,7	22,3	1.307,2
mínima	11,3	25,5	18,5	30,9
máxima	19,5	30,9	25,2	229,8

TABELA 10.1.10.2.1-10: Dados climatológicos do Município de Santa Bárbara do Oeste (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	20,0	30,0	25,0	254,8
Fevereiro	20,0	30,0	25,0	203,4
Março	19,0	30,0	24,0	172,8
Abril	17,0	29,0	23,0	71,5
Maio	14,0	25,0	20,0	72,0
Junho	12,0	25,0	18,0	43,5
Julho	11,0	25,0	18,0	34,3
Agosto	13,0	27,0	20,0	37,3
Setembro	15,0	27,0	21,0	78,4
Outubro	17,0	29,0	23,0	137,2
Novembro	18,0	30,0	24,0	150,7
Dezembro	19,0	30,0	25,0	210,2
Anual	16,3	28,1	22,2	1.466,1
mínima	11,0	25,0	18,0	34,3
máxima	20,0	30,0	25,0	254,8

TABELA 10.1.10.2.1-11: Dados climatológicos do Município de Paulínia (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	20,0	31,0	25,0	255,8
Fevereiro	18,7	29,8	24,2	189,7
Março	19,0	31,0	25,0	158,8
Abril	15,2	27,7	21,5	63,5
Maio	12,5	25,7	19,1	64,1
Junho	11,1	24,6	17,8	41,3
Julho	10,5	24,8	17,6	31,2
Agosto	11,8	26,9	19,4	26,9
Setembro	13,8	27,8	20,8	69,2
Outubro	15,5	28,4	22,0	119,0
Novembro	16,5	29,0	22,7	139,7
Dezembro	19,0	31,0	25,0	200,4
Anual	15,3	28,1	21,7	1.359,6
mínima	10,5	24,6	17,6	26,9
máxima	20,0	31,0	25,0	255,8

As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica apresentam pouca variação, situando-se entre 1.466,1mm (Santa Bárbara d'Oeste) e 1.307,2mm (Anhembi). O período chuvoso se estende de outubro a março, com 116,0mm a 255,8mm de precipitações médias mensais. Na estiagem, de abril a setembro, o menor índice médio é de 26,9mm, no mês de agosto, em Paulínia, e o maior é de 76,2mm, em abril, em Piracicaba.

O estudo das emissões atmosféricas no terminal Anhembi, desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL, utilizou os dados meteorológicos de 2007 a 2009 obtidos através do CIIAGRO de Botucatu, INMET de Piracicaba e AOM GISS NASA. Foram consideradas as temperaturas máxima, mínima e média mensais de 26,93ºC, 16,48ºC e 21,70ºC, respectivamente; 388,18W/m^2 de média mensal de fator de insolação; 951,18hPa de pressão atmosférica média mensal, e 2,19m/s de velocidade média mensal do vento.

No terminal Botucatu, a pesquisa realizada para o mesmo estudo através do CIIAGRO de Botucatu, INMET de Avaré e AOM GISS NASA dos anos de 2007 a 2009 indicou temperaturas máxima, mínima e média mensais de 26,93ºC, 16,48ºC e 21,70ºC, respectivamente; 387,93W/m^2 de média mensal de fator de insolação; 921,62hPa de pressão atmosférica média mensal, e 2,76m/s de velocidade média mensal do vento.

No terminal Paulínia para 2007 a 2009, o estudo desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL baseou-se em dados do CIIAGRO e Cetesb de Paulínia, e AOM GISS NASA, considerando as temperaturas máxima, mínima e média mensais de 27,85ºC, 16,54ºC e 22,20ºC, respectivamente; 388,25W/m^2 de média mensal de fator de insolação; 950,68hPa de pressão atmosférica média mensal, e 2,12m/s de velocidade média mensal do vento.

Trecho Serrana-Santa Bárbara

Entre os terminais Bárbara d´Oeste e Serrana, os climas são do tipo Cwa, temperado úmido de inverno seco e verão quente com temperaturas brandas (Bárbara d'Oeste, Cordeirópolis, Rio Claro, Araras, Santa Cruz da Conceição, Pirassununga, Descalvado, Santa Rita do Passa Quatro e Cravinhos), e Aw, do tipo tropical úmido de inverno seco (Limeira, Santa Gertrudes, Corumbataí, São Simão e Serrana) (CEPAGRI / UNICAMP, 2009).

Na **Tabela 10.1.10.2.1-12** a seguir, são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios dos registros efetuados nos municípios cortados pela dutovia, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009).

TABELA 10.1.10.2.1-12: Dados climatológicos dos municípios cortados pela dutovia entre os terminais Bárbara-d´oeste e Serrana (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Limeira	570	10,9	25,1	18,1	28,3	222,2	1.336,8
Cordeirópolis	660	14,9	27,6	21,3	27,2	240,9	1.367,1
Santa Gertrudes	580	15,4	28,2	21,8	30,5	253,0	1.385,8
Rio Claro	620	15,1	28,0	21,6	26,9	234,1	1.366,8
Araras	620	15,2	28,0	21,6	26,0	234,4	1.384,5
Corumbataí	604	15,3	28,2	21,8	24,4	247,1	1.397,2
Santa Cruz da Conceição	643	15,1	28,0	21,6	19,5	224,1	1.343,0
Pirassununga	620	13,8	29,3	21,5	23,0	237,0	1.395,1
Descalvado	685	15,0	27,9	21,4	26,7	272,7	1.508,7
Santa Rita do Passa Quatro	760	14,6	27,5	21,1	24,6	278,4	1.506,8
São Simão	620	16,8	29,3	22,9	20,2	269,1	1.470,7
Cravinhos	797	14,6	27,5	21,0	21,5	242,5	1.344,1
Serrana	565	16,0	29,3	22,6	22,2	253,1	1.444,0

A exceção de Limeira, com temperatura mínima média anual de 10,9ºC, máxima média anual de 25,1ºC e média anual de 18,1ºC, as temperaturas médias anuais nos demais municípios se apresentam bastante próximas, variando entre 14,4ºC (Santa Rita do Passa Quatro) e 29,3ºC (Pirassununga, São Simão e Serrana), com média anual entre 21,0ºC e 22,9ºC. A mínima média do mês mais frio varia entre 8,0ºC (Pirassununga) e 12,0ºC (São Simão) e no mês mais quente é de 28,7ºC (Cravinhos) a 31,0ºC (Pirassununga a São Simão).

O período mais chuvoso se estende de outubro a março, com médias mensais de 115,4mm (Limeira) a 278,4mm (Santa Rita do Passa Quatro) e as médias mensais no período mais seco vão de 19,5mm (Santa Cruz da Conceição) a 77,3mm (Santa Rita do Passa Quatro). A altura pluviométrica no mês mais chuvoso varia de 222,2mm a 278,4mm em Limeira e Santa Rita do Passa Quatro, respectivamente, com média anual mínima de 1.336,8mm em Limeira e 1.508,7mm em Descalvado.

Na tabela 10.1.10-13 a seguir é apresentado um resumo dos dados climatológicos mensais e anuais médios, das séries históricas do Município de Serrana, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2009).

TABELA 10.1.10.2.1-13: Dados climatológicos do Município de Serrana (CEPAGRI / UNICAMP, 2009)

Mês	Temperatura do Ar (ºC)			Chuva (mm)
	mínima média	máxima média	média	média
Janeiro	19,1	30,4	24,8	246,3
Fevereiro	19,3	30,5	24,9	209,8
Março	18,6	30,3	24,5	171,6
Abril	16,1	29,1	22,6	67,7
Maio	13,5	27,4	20,4	54,5
Junho	12,2	26,4	19,3	27,9
Julho	11,6	26,7	19,2	23,2
Agosto	13,2	29,2	21,2	22,2
Setembro	15,3	30,3	22,8	58,6
Outubro	17,0	30,5	23,7	132,7
Novembro	17,6	30,4	24,0	176,4
Dezembro	18,6	30,1	24,3	253,1
Anual	16,0	29,3	22,6	1.444,0
mínima	11,6	26,4	19,2	22,2
máxima	19,3	30,5	24,9	253,1

No município onde será construído o terminal Serrana, a temperatura média anual varia entre 19,2ºC e 24,9ºC, com mínima média de 11,6ºC e máxima média de 30,5ºC. As médias de pluviosidade mínima e máxima são de 22,2mm e 253,1mm, respectivamente, e a pluviosidade anual média é de 1.444,0mm.

Para o estudo das emissões atmosféricas no terminal Santa Bárbara e desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL, foram pesquisados os dados meteorológicos de 2007 a 2009 do CIIAGRO de Santa Bárbara-d´oeste, Cetesb de Paulínia e AOM GISS NASA. Foram obtidas temperaturas máxima, mínima e média mensais de 29,52ºC, 14,19ºC e 21,86ºC, respectivamente; média mensal de fator de insolação de 388,25W/m^2; 950,68hPa de pressão atmosférica média mensal, e 2,12m/s de velocidade média mensal do vento.

No terminal Serrana, a pesquisa realizada através do CIIAGRO e ICEA de Ribeirão Preto, e AOM GISS NASA nesses mesmos anos, para esse mesmo estudo, indicou temperaturas máxima, mínima e média mensais de 29,17ºC, 16,98ºC e 23,08ºC, respectivamente; 392,06W/m^2 de média mensal de fator de insolação; 951,36hPa de pressão atmosférica média mensal, e 4,15m/s de velocidade média mensal do vento.

10.1.11 QUALIDADE DO AR

10.1.11.1 MÉTODOS DE TRABALHO

A determinação sistemática da qualidade do ar é feita, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente: Material Particulado em Suspensão (PTS), Dióxido de Enxofre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O_3) e Dióxido de Nitrogênio (NO_2). A razão da escolha destes parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos dos poluentes (WHO, 1999). A verificação referente a outros poluentes em geral é feita em campanhas de medições, em função de objetivos específicos.

Padrão de Qualidade do Ar

Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico para proteção da saúde, do bem estar das pessoas e do meio ambiente. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar margem de segurança adequada (WHO, 1999).

No âmbito federal, a Resolução Conama nº 03/90 estabeleceu os Padrões de Qualidade do Ar para proteção da saúde pública, bem estar e meio ambiente. Foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar, primários e secundários, cujos valores são apresentados no **Quadro 10.1.11.1-1**.

Os padrões primários de qualidade do ar representam as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazos. São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais não se prevê efeito adverso sobre o bem estar da população e mínimo impacto à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral e podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo (Conama, 1990).

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários foi de criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar, indicados para serem aplicados às áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas etc). Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, às áreas de desenvolvimento, onde devem ser válidos os padrões primários. Como prevê a Resolução Conama nº 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em Classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma Resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas os padrões aplicáveis serão os primários.

QUADRO 10.1.11.1-1: Padrões nacionais de qualidade do ar (CONAMA, 1990)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu g/m^3$)	Padrão secundário ($\mu g/m^3$)
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas[1] MGA[2]	240 80	150 60
Partículas inaláveis (PI)	24 horas[1] MAA[3]	150 50	150 50
Fumaça	24 horas[1] MAA[3]	150 60	100 40
Dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas[1] MAA[3]	365 80	100 40
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora MAA[3]	320 100	190 100
Monóxido de carbono (CO)	1 hora[1] 8 horas[1]	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)
Ozônio (O_3)	1 hora[1]	160	160

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) MGA - Média geométrica anual.

(3) MAA - Média aritmética anual.

A mesma Resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Esses critérios são apresentados no **Quadro 10.1.11.1-2**. A decretação dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

A legislação do Estado de São Paulo – Decreto Estadual nº 8.468 de 08/09/1976, que aprovou o Regulamento da Lei Estadual nº 997/76 - também estabelece padrões de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar, mas abrange um número menor de parâmetros.

Os parâmetros Fumaça, Partículas Inaláveis e Dióxido de Nitrogênio não têm padrões e critérios estabelecidos na legislação estadual. Os parâmetros comuns às legislações federal e estadual têm os mesmos padrões e critérios, com exceção dos critérios de episódio agudo para Ozônio. Neste caso a legislação estadual é mais rigorosa para o nível de Atenção (200 $\mu g/m^3$) e menos rigorosa para o nível de Emergência (1.200 $\mu g/m^3$). O nível de Alerta é o mesmo (800 $\mu g/m^3$). O nível de Atenção é declarado pela Cetesb com base na legislação estadual que é mais restritiva (200 $\mu g/m^3$). As providências previstas para serem tomadas a partir do estado de Atenção e Alerta têm por objetivo evitar atingir o estado de Emergência.

QUADRO 10.1.11.1-2: Critérios para episódios agudos de poluição do ar, segundo resolução Conama 03/90 (CONAMA, 1990)

PARÂMETRO	NÍVEL		
	Atenção ($\mu g/m^3$)	Alerta ($\mu g/m^3$)	Emergência ($\mu g/m^3$)
Partículas totais em suspensão (PTS) – 24 horas	375	625	875
Partículas inaláveis (PI) 24 horas	250	420	500
Fumaça 24 horas	250	420	500
Dióxido de enxofre (SO_2) 24 horas	800	1.600	2.100
SO_2 x PTS 24 horas	65.000 ($\mu g/m^3$ x $\mu g/m^3$)	261.000 ($\mu g/m^3$ x $\mu g/m^3$)	393.000 ($\mu g/m^3$ x $\mu g/m^3$)
Dióxido de nitrogênio (NO_2) 1 hora	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (CO) 8 horas	15 ppm	30 ppm	40 ppm
Ozônio (O_3) 1 hora	400 (200)*	800	1.000 (1200)*

* Pela legislação do Estado de São Paulo (Decreto 8468/76)

10.1.11.2 Área de Influência Direta (AID) e Área diretamente afetada (ADA)

10.1.11.2.1 Introdução

Conforme traçado definido para implantação da dutovia, está prevista a instalação de sete terminais rodo-ferroviários listados no **Quadro 10.1.11.2.1-1**, para os quais foram levantadas informações e dados de qualidade do ar geradas nos últimos 5 anos (de 2004 a 2008) pelas estações das redes de monitoramento da qualidade do ar operadas pela Cetesb, desde a década de 1970, mostradas na mesma tabela abaixo. Conforme diretrizes definidas no Termo de Referência do EIA, em não havendo dados locais, foram utilizados os dados gerados nas estações instaladas nos municípios vizinhos e próximos.

QUADRO 10.1.11.2.1-1: Localização dos terminais do Projeto Uniduto associados às estações das redes de monitoramento de qualidade do ar da Cetesb

Municípios previstos para instalação dos terminais do Projeto Uniduto	Estações da rede de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb
Guarujá	Santos e Cubatão
Caieiras	São Paulo
Botucatu	Piracicaba
Anhembi	Piracicaba
Santa Bárbara d'Oeste	Americana e Paulínia
Paulínia	Paulínia
Serrana	Ribeirão Preto

Para cada um dos terminais é feita uma caracterização geral resumida das atividades da região em termos de emissões atmosféricas potenciais e é apresentado um quadro de qualidade do ar, baseado nas informações e dados gerados nas estações de monitoramento operados pela Cetesb, local ou mais próxima, com a seguinte abordagem:

- Qualidade do Ar registrado em 2008: com a apresentação dos dados constantes do Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (CESTESB, 2009), com análise e interpretação dos resultados das concentrações máximas de curto prazo (1 h, 8h e 24 h) e médias anuais obtidos em 2008 e comparados com os padrões de qualidade do ar fixados para os diferentes poluentes monitorados.

- Índice de Qualidade do Ar em 2008: No processo de gestão da qualidade do ar é usual a utilização de um índice de qualidade do ar para facilitar o processo de divulgação e informação à comunidade. Segundo metodologia adotada pela Cetesb a condição da qualidade do ar é classificada como boa (índices de 0 a 50), regular (índices de 51 a 100), inadequada (índices de 101 a 200), quando ocorre a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar primário, qualidade má (índices de 201 a 300) indica faixa do nível de Atenção, péssima (índices de 301 a 400) indica faixa do nível de Alerta - e crítica (índices de 401 a 500) região do nível de Emergência. A ultrapassagem da concentração de um nível crítico (Atenção, Alerta e Emergência) não implica necessariamente na decretação dos estados de Atenção, Alerta ou Emergência, medida esta que, para ser adotada, deve levar em consideração também outros fatores, como a previsão das condições de dispersão dos poluentes na atmosfera para as próximas 24 horas.

- Evolução da Qualidade do Ar no período de 2004 a 2008. Neste item, serão apresentados para cada região, as evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados nos últimos 5 anos (2004 a 2008) conforme definido nos Termos de Referencia deste estudo, nas quais são considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curto prazo (horárias ou diárias) e de médias anuais obtidos nas estações medidoras da rede de monitoramento da Cetesb e divulgados anualmente pelo citado órgão como Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.

- Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP). Este índice está relacionado com o poluente Ozônio, que é capaz, entre outros efeitos, de alterar a bioquímica das plantas, podendo, inclusive, afetar e reduzir de forma discreta as safras de produção agrícola. Na Europa, foi adotada pela Comissão Econômica das Nações Unidas da Europa a Concentração Acumulada de Ozônio Acima de 40 ppb (*Acumulated Dose Over a Threshold of 40 ppb.h or 78,6 µg/m³.h*), denominada AOT40.

  A Cetesb, visando proteção da vegetação, tem utilizado o Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP) preconizado pela Organização Mundial da Saúde e estabelecido com base na AOT40 de 3.000 ppb.h de Ozônio (ou aproximadamente 6.000 µg/m³.h) acumulada no período de 3 meses (AOT40 trimestral). Os valores de AOT40 calculados e publicados pela Cetesb foram considerados para as regiões de interesse neste estudo.

- Níveis de Saturação da qualidade do ar. O Decreto Estadual nº 52.469 de 12/12/2007 alterou a redação e incluiu dispositivos ao Regulamento da Lei Estadual nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76 definindo critérios para estabelecimento do grau de saturação da qualidade do ar de uma sub-região, possibilitando ao órgão ambiental fazer exigências especiais relativas à prevenção e ao controle de poluição do ar para as áreas consideradas saturadas ou em vias de saturação, principalmente nos processos de licenciamento de ampliação ou instalação de novos empreendimentos, bem como quando da renovação das Licenças de Operação das empresas existentes.

O enquadramento na classificação do grau de saturação de uma sub-região para um poluente específico é realizado cotejando-se os resultados obtidos pela estação de amostragem da rede de monitoramento operada pela Cetesb com os Padrões de Qualidade do Ar vigentes, observando-se ainda:

- Para o poluente secundário Ozônio, a abrangência da sub-região é o território compreendido pelos municípios que, no todo ou em parte, estejam situados à distância de até 30 km da estação medidora.

- Para os demais poluentes primários monitorados (Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrogênio e Hidrocarbonetos), a abrangência é o próprio território do município onde está sendo realizado o monitoramento, podendo a Cetesb ainda, em função da conurbação da região e mediante justificativa técnica, estender a abrangência para municípios vizinhos.

O Decreto Estadual nº 52.469/07 ainda estabelece os critérios para cada poluente para enquadramento das áreas saturadas nos três níveis de severidade: Moderado, Sério e Severo.
Segundo Art. 4º do Decreto nº 52.469/07, até 31 de dezembro de 2.012 a implantação de fontes novas de poluição em regiões Saturadas classificadas como de nível Severo que resultem em emissões acima das quantidades especificadas no Anexo 11 do referido Decreto, deverão, alem de utilizar sistemas produtivos e de controle de poluição baseados na melhor tecnologia prática disponível, compensar em 110% as emissões atmosféricas a serem adicionadas pelo empreendimento, até a expedição da respectiva Licença de Operação. Se o enquadramento da Saturação for de nível Sério ou Moderado, valem as mesmas exigências, contudo a compensação deverá ser comprovada até a primeira renovação da Licença de Operação do empreendimento.

Para cada uma das regiões dos terminais será apresentado um resumo dos níveis de saturação para os poluentes monitorados, segundo enquadramento constante da Resolução SMA 061 de 18/08/2009, publicada no DOE de 21/08/2009.

10.1.11.2.2 Terminal Guarujá

Características Gerais do Município de Guarujá e Região Metropolitana da Baixada Santista

O Município de Guarujá está inserido na Região Metropolitana da Baixada Santista, criada pela Lei Complementar nº 815 de 30/07/1996, sendo composta ainda por outros oito municípios: Bertioga, Cubatão, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente.

Esta Região Metropolitana ocupa área total de 2.372 km^2 com população de cerca de 1,5 milhão de habitantes e tem como um dos destaques o Município de Santos, onde se encontra instalado o maior porto marítimo do país, com população de 418.098 habitantes (estimativa do IBGE, julho de 2009), ocupa área de 271 km^2. Segundo dados da Cetesb, no que se refere às fontes geradoras de emissões de poluentes atmosféricos, notadamente nas proximidades de estação de monitoramento instalada na Praça Fernando Prestes, não existem fontes estacionárias significativas, mas o município, além das atividades portuárias, possui frota de aproximadamente 145.000 veículos leves, 9.000 veículos pesados e 42.000 motocicletas.

O Município de Guarujá também tem destaque nesta Região Metropolitana, notadamente pela suas atividades relacionadas à indústria do turismo. Com área de 142,70 km^2 ocupa a Ilha de Santo Amaro sendo banhada a Oeste pelo estuário de Santos, ao Norte pelo canal de Bertioga e ao Sul e Leste pelo Oceano Atlântico. Segundo estimativa do IBGE de julho 2009 a população fixa do município é de 308.058 habitantes. A população flutuante é estimada em torno de 1.600.00

turistas, sendo 1.300.000 no período de novembro a maio e 300.000 no período da baixa temporada entre junho e outubro.

Apesar de não haver inventário de emissões atmosféricas para este município, os veículos automotores podem ser considerados como as principais fontes, notadamente durante o afluxo mais intenso de turistas no período de verão. Outras fontes pontuais e localizadas podem ainda ser apontadas nas atividades relacionadas àquelas instaladas e em operação ao longo do terminal portuário do canal de acesso ao sistema estuário do Porto de Santos.

Porém, em termos ambientais, merece destaque o Município de Cubatão, integrante da Região Metropolitana da Baixada Santista, ocupando área de 142 km^2 com população de 129.582 habitantes (estimativa do IBGE, julho de 2009). Com um parque industrial muito importante na economia do Estado e do País, localizada no sopé da Serra do Mar, com topografia acidentada e condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes na atmosfera, o município foi sempre considerado como uma região problemática em termos de poluição do ar. Segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009), este parque industrial é composto por conjunto de 260 fontes de emissões consideradas prioritárias, cujas emissões atmosféricas residuais estão apresentadas no **Quadro 10.1.11.2.2-1**.

Os veículos automotores (automóveis, caminhões, ônibus etc.) não têm sido considerados no inventário de emissões da Cetesb, contudo por ser área de passagem para Guarujá, Bertioga e outros municípios do Litoral Norte, além do grande número de caminhões que servem as indústrias locais, as emissões geradas por fontes moveis podem ser expressivas, apesar de muito menores quando comparadas com as emissões geradas pelas atividades industriais.

QUADRO 10.1.11.2.2-1: Estimativas de emissão de poluentes atmosféricos gerados por processos industriais e queima de combustível por fontes estacionárias em Cubatão (Cetesb, 2009)

Empresa	Emissões de Poluentes (t/ano)								
	CO	HC	NOx	SOx	MP	NH_3	F-	Cloro	HCl
Bunge Fertilizantes SA - Planta 1	0,22	0,05	22,33	177,66	65,01	1,94	10,35	-	-
Bunge Fertilizantes SA - Planta 2	0,45	0,09	8,57	36,93	40,67	0,54	2,92	-	-
Carbocloro Indústrias Químicas	-	-	58,74	1,15	3,35	-	-	0,04	0,35
Columbian Chemical do Brasil Ltda.	230,25	32,13	274,16	69,17	23,50	-	-	-	-
Companhia Brasileira de Estireno-CBE	33,79	4,42	40,22	0,24	3,06	-	-	-	-
Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa	2,266,80	567,66	1,761,00	5.720,42	4.159,16	-	-	-	-
Copebrás Ltda	6,46	0,92	16,59	1.213,53	78,33	0,93	7,55	-	-
Indústrias de Fertilizantes Cubatão-IFC	-	-	-	-	1,27	-	-	-	-
MD Papéis Cubatão S/A (Água Fria Ind. Papéis S/A)	16,45	2,15	19,69	0,46	1,49	-	-	-	-
Mosaic Fertilizantes do Brasil SA	1,89	0,39	20,79	121,96	37,52	1,20	3,26	-	-
Petrobrás Distribuidora S/A - TECUB	-	231,12	-	-	-	-	-	-	-
Petrobrás SA - RPBC	940,47	980,04	2.946,84	7.189,40	303,31	0,52	-	-	-
Petrobras Transporte S/A - Transpetro	-	54,44	-	-	-	-	-	-	-
Petrocoque SA – Indústria e Comércio	1,00	0,21	175,58	911,77	59,12	-	-	-	-
Polietilenos União (Antiga Dow)	34,54	4,52	41,12	0,25	3,13	-	-	-	-
Ultrafértil Complexo Cubatão - CCB	4,66	0,61	470,45	0,03	2,94	2,31	-	-	-
Ultrafértil Complexo Piaçaguera - CPG	124,32	16,27	472,23	1.008,38	356,77	1,04	4,18	-	-
Ultrafértil Terminal Marítimo - TM	-	-	-	-	0,80	-	-	-	-
Votorantin Cimentos Brasil Ltda	4,88	0,64	5,80	1,01	25,42	-	-	-	-
Total (1000 t/ano)	**3,67**	**1,90**	**6,33**	**16,45**	**5,16**	**0,01**	**0,03**	**0,00**	**0,00**

Ano de consolidação do inventário: 2.008

Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar na Região

A Cetesb não mantém estações de monitoramento continuo no Município de Guarujá e, portanto a caracterização da qualidade do ar na região foi realizada com dados obtidos nas estações dos municípios vizinhos pertencentes da Região Metropolitana da Baixada Santista, principalmente de Santos e Cubatão.

No Município de Santos, a Cetesb mantém e opera rotineiramente uma estação manual, integrante da Rede do Interior do Estado, com as seguintes características:

- Estação Santos (Rede Manual) - instalada junto a Policlínica Embaré na Praça Coronel Fernando Prestes em Santos e medindo os seguintes parâmetros: Fumaça (FMC), com amostragens por um período de 24 horas a cada seis dias e Dióxido de Enxofre (SO_2), por amostragem passiva com exposição por um período contínuo de 30 dias.

No Município de Cubatão, a Cetesb registra rotineiramente as condições de qualidade do ar com 3 estações automáticas e 2 manuais, com as seguintes características:

- Estação Cubatão - Centro (Rede Automática)– instalada no Centro Social Urbano de Cubatão à Rua Salgado Filho, 121 - Centro, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Totais em Suspensão (PTS) (até 2002), Partículas Inaláveis (MP_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos, Umidade Relativa, Temperatura e Pressão Atmosférica).

- Estação Cubatão - Vila Parisi (Rede Automática) – instalada à Rua Prefeito Armando Cunha, 70 – V. Parisi, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos).

- Estação Cubatão - Vale do Moji (Rede Automática) – instalada na Estrada Plínio de Queiroz, s/n no Vale do Rio Moji, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos). Esta estação iniciou suas operações em 05.04.2006 com amostragens até fins de Setembro.

Qualidade do Ar no Município de Santos em 2008

A seguir é apresentada análise resumida dos resultados do monitoramento realizado pela Cetesb no Município de Santos. Inicialmente, segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009), a Estação Santos, integrante da Rede Manual, apresentou os seguintes resultados para 2008, conforme mostra o **Quadro 10.1.11.2.2-2** abaixo.

- Fumaça (FMC): concentrações máximas de 24 horas de 89 e 75 $\mu g/m^3$, como primeira e segunda máximas, as quais se encontram abaixo dos padrões primário e secundário para 24 h fixado em 150 e 100 $\mu g/m^3$, respectivamente. A média anual apresentou concentração de 26 $\mu g/m^3$, valor este que se encontra também abaixo do padrão primário de media anual de 60 $\mu g/m^3$ e mesmo do padrão secundário de 40 $\mu g/m^3$.

- Dióxido de Enxofre (SO_2): os resultados verificados pelos amostradores passivos com 30 dias de exposição apresentaram em 2008, as concentrações máximas mensais de 14 e 12 $\mu g/m^3$ e média anual de 10 $\mu g/m^3$, valores estes bem abaixo do padrão anual de 80 $\mu g/m^3$.

QUADRO 10.1.11.2.2-2: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Santos no ano de 2008 (Cetesb, 2009).

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Fumaça (FMC) (µg/m³)					Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo (µg/m³)				
	Máximas 24 h		Média Anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas mensais		Média Anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA	24 h[1]	MAA[2]	1ª	2ª	MAA	24 h[1]	MAA[2]
SANTOS[3]	89	75	26	150 (100)	60 (40)	14	12	10	365 (100)	80 (80)

[1] – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

[2] - MAA – Média Aritmética Anual

[3] – Estação Santos: Praça Coronel Fernando Prestes

Temos ainda, para o Município de Santos, os resultados do estudo especial de monitoramento na Estação Santos – Porto da Rede Manual instalada nas imediações no Porto de Santos. Este estudo foi realizado para avaliação dos níveis de degradação da qualidade do ar causada pelas atividades de recepção, estocagem, embarque de grãos e da consequente movimentação de veículos no Porto. O monitoramento foi realizado nos períodos de outubro de 2004 a fevereiro de 2005 e de junho a outubro de 2005. Em 2008 o estudo foi repetido no período de 02/07 a 03/09/2008, obtendo-se os resultados apresentados o **Quadro 10.1.11.2.2-3**.

- Partículas Totais em Suspensão (PTS) – Apesar do curto período monitorado em 2008 foram registradas concentrações máximas elevadas de 550 e 442 $\mu g/m^3$ para exposições de 24 h e média do período de 196 $\mu g/m^3$. As concentrações máximas diárias, bem como a média do período, se apresentam acima dos respectivos padrões - 240 $\mu g/m^3$ para 24h e 80 $\mu g/m^3$ de média anual. Ressalte-se que as máximas de 24 h superaram inclusive o nível de Atenção de 375 $\mu g/m^3$. A campanha de monitoramento realizado não atingiu a representatividade de amostras no ano.

- Partículas Inaláveis (MP_{10}) – Para este poluente as concentrações máximas de 24 h obtidas foram 233 e 202 $\mu g/m^3$ e média do período de 101 $\mu g/m^3$. Da mesma forma, as máximas diárias encontram-se acima do padrão de 150 $\mu g/m^3$ para 24 h, assim como a média do período, se comparada ao padrão anual de 50 $\mu g/m^3$, observada a não representatividade anual de amostras.

Vale ressaltar que estes resultados foram responsáveis pelo enquadramento do Município de Santos como "Saturado-Severo" na classificação prevista no Decreto nº 52.469/07.

QUADRO 10.1.11.2.2-3: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Santos (Porto) no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Partículas Totais em Suspensão (PTS) (µg/m³)					Partículas Inaláveis (MP_{10}) (µg/m³)				
	Máximas 24 h		Média Anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 24 h		Média do período	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA	24 h[1]	MAA[2]	1ª	2ª	MAA	24 h[1]	MAA[2]
SANTOS-Porto[3]	550*	442*	196*	240 (150)	80 (60)	233*	202*	101*	150 (150)	50 (50)

[1] – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

[2] - MAA – Média Aritmética Anual

[3] – Estação Santos-Porto – Estudo Especial

* Não atendeu ao critério de representatividade

Evolução da Qualidade do Ar em Santos no período de 2004 a 2008

As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados em Santos no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de 24 h e de médias anuais ou do período.

ESTAÇÃO SANTOS (REDE MANUAL)

O **Gráfico 10.1.11.2.2-1** mostra os resultados verificados na Estação Santos para Fumaça (FMC). Todos os resultados das concentrações máximas de curto prazo (24 h) no período de 2004 a 2008, com exceção da primeira máxima de 2007 (157 µg/m³) estão enquadrados no padrão primário e secundário de 150 µg/m³ fixado para este poluente. Também as concentrações médias anuais se apresentam com valores abaixo do padrão anual primário de 60 µg/m³, tendo a media anual de 2005 igualado ao valor do padrão secundário anual de 40 µg/m³.

No **Gráfico 10.1.11.2.2-2** são apresentados os resultados do monitoramento passivo de Dióxido de Enxofre (SO_2), com variação dos resultados (máximas medias mensais – primeiras e segundas - de 12 a 15 µg/m³ e medias anuais de 10 e 11 µg/m³) no período de 2004 a 2008. Estes valores são muito baixos comparados ao limite anual primário de 80 µg/m³ e mesmo do secundário de 40 µg/m³.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-1: Evolução das concentrações de Fumaça (FMC) na Estação Santos no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

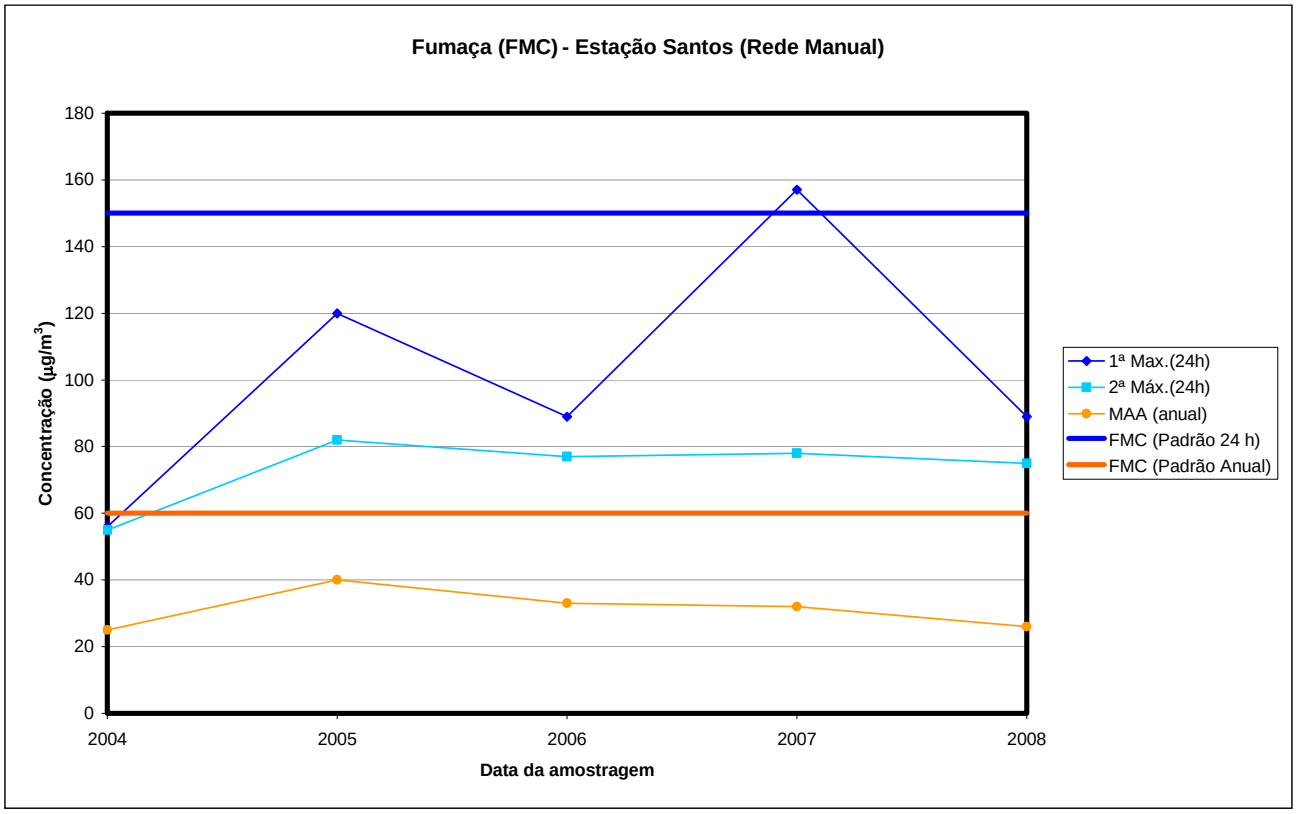
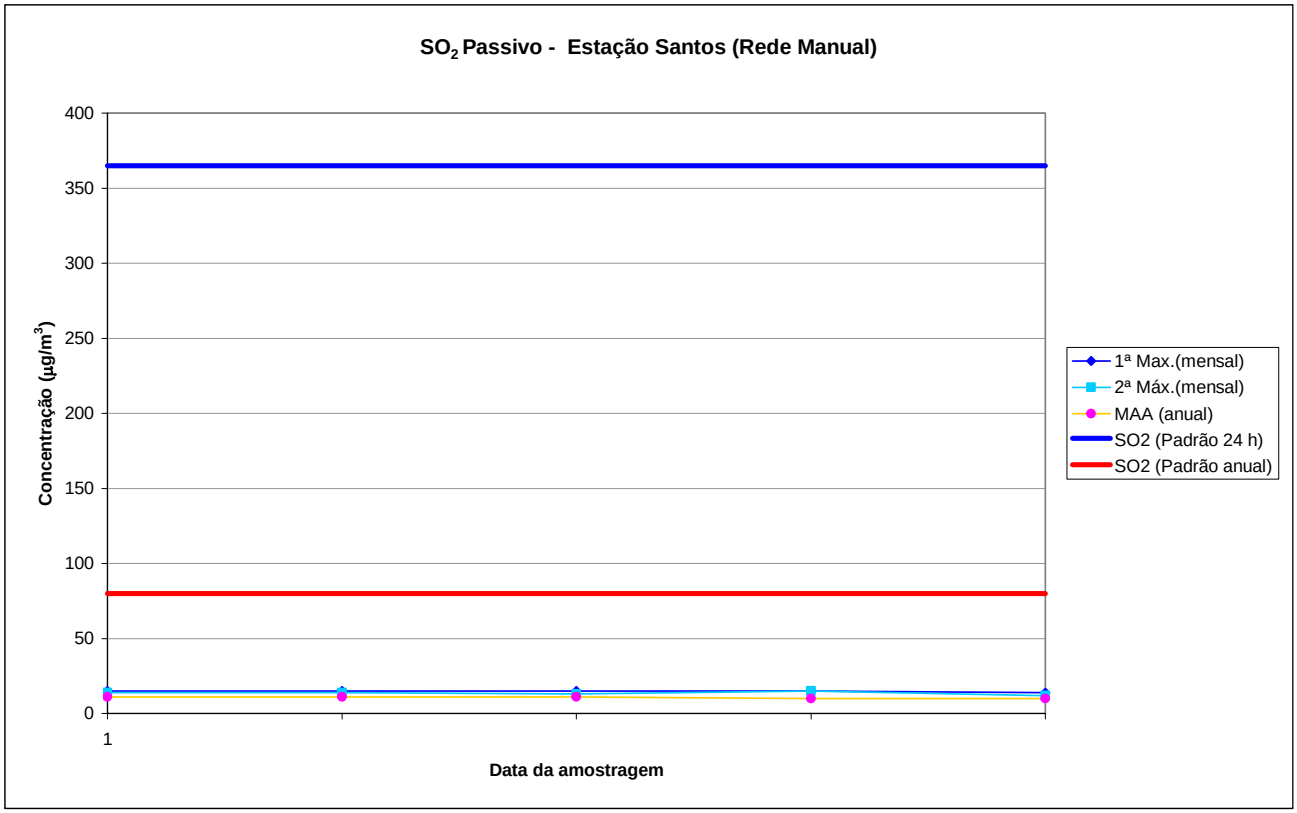


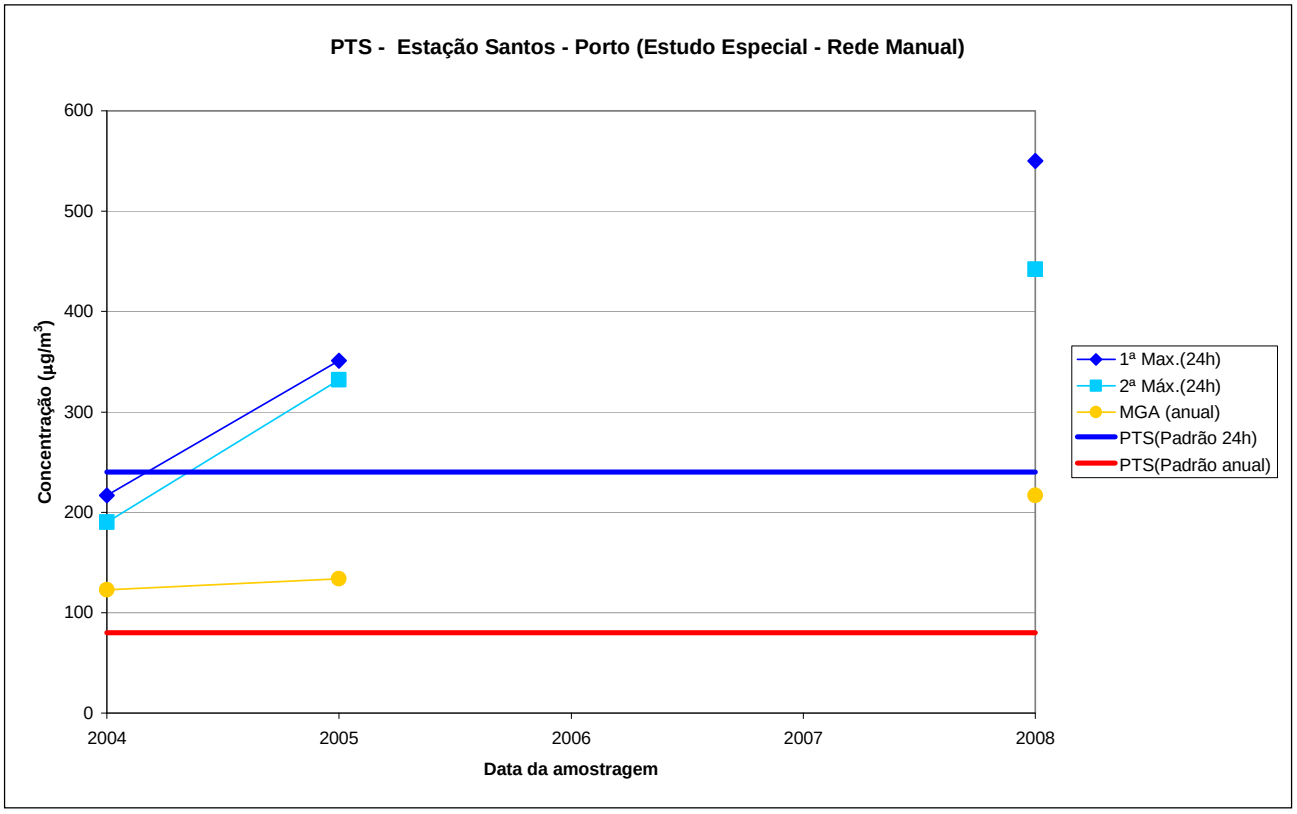
GRÁFICO 10.1.11.2.2-2: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Santos no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO SANTOS - PORTO (REDE MANUAL)

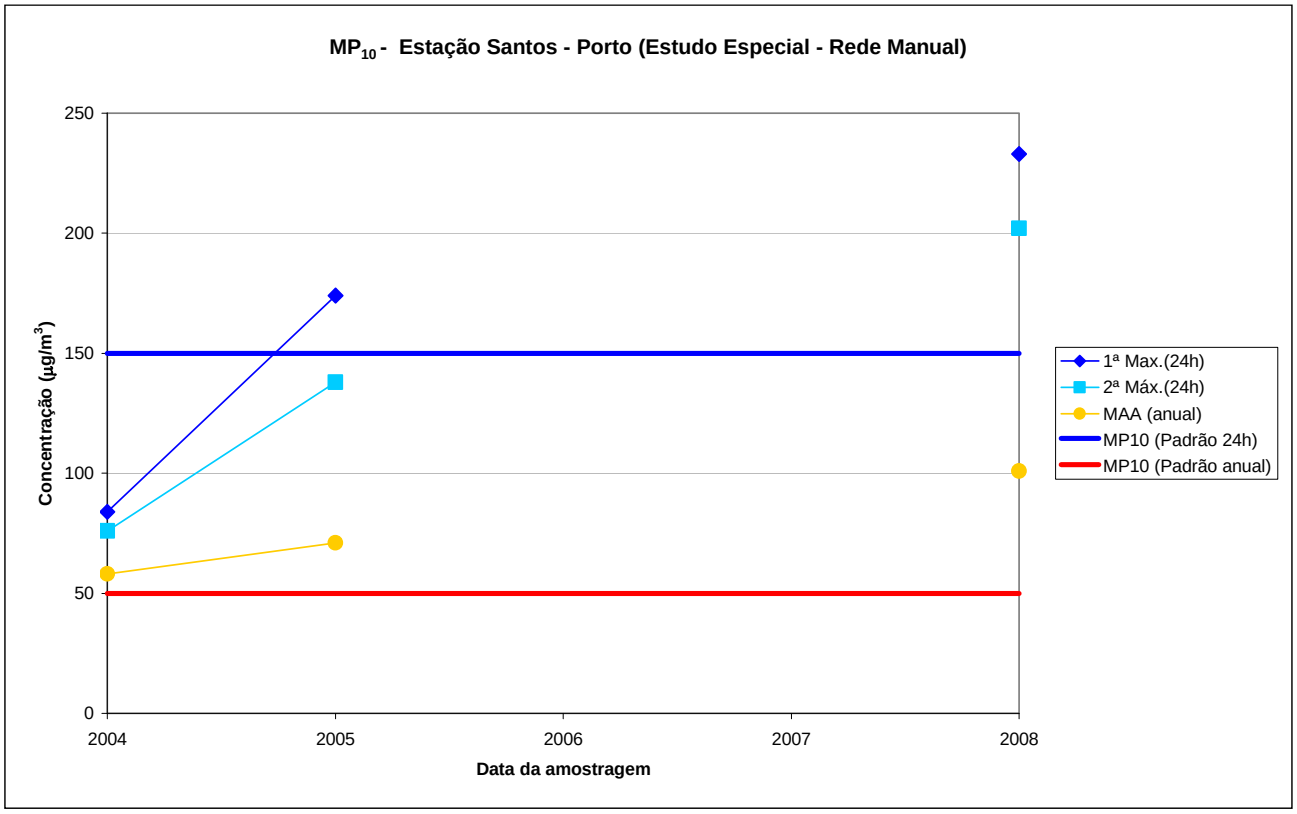
O **Gráfico 10.1.11.2.2-3** mostra os resultados verificados no estudo especial de monitoramento realizado na Estação Santos - Porto para Partículas Totais em Suspensão (PTS). Os resultados das concentrações máximas de curto prazo (24 h) verificados em 2004 ficaram abaixo do padrão primário de 24 h de 240 μg/m^3. As concentrações máximas de 24 h de 2005 (351 e 332 μg/m^3) e de 2008 (550 e 442 μg/m^3) ultrapassaram o padrão primário, sendo que os resultados de 2008 superaram também o nível de Atenção (375 μg/m^3). Todas as concentrações médias anuais (123, 134 e 217 μg/m^3) se apresentam com valores acima do padrão anual primário de 80 μg/m^3.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-3: Evolução das concentrações máximas de Partículas Totais em Suspensão (PTS) na Estação Santos – P orto no Estudo Especial realizado no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



O **Gráfico 10.1.11.2.2-4** mostra os resultados verificados nesta estação para Partículas Inaláveis (MP_{10}). As concentrações máximas de 24 h de 2004 (84 e 76 μg/m^3) e a segunda máxima de 2005 (134 μg/m^3) ficaram abaixo do padrão primário de 150 μg/m^3 para exposição de 24 h, contudo os demais valores – primeira máxima de 2005 (178 μg/m^3) e as máximas de 2008 (233 e 202 μg/m^3) superaram o referido padrão diário. No que refere as concentrações médias anuais (MAA), os valores obtidos (58, 71 e 101 μg/m^3) se apresentaram, de forma crescente, acima do padrão anual (primário e secundário) de 50 μg/m^3.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-4: Evolução das concentrações máximas de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Santos - Porto no Estudo Especial realizado no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Qualidade do Ar no Município de Cubatão em 2008

O Município de Cubatão, através das três estações de monitoramento, apresentou em 2008 a qualidade do ar conforme resumo dos resultados apresentados nos **Quadros 10.1.11.2.2-4** e **10.1.11.2.2-5**, dos quais podem ser feitos os seguintes comentários:

- Partículas Totais em Suspensão (PTS): na Estação Cubatão Vila Parisi, tanto os resultados das concentrações máximas de 24 h (487 e 458 $\mu g/m^3$) como média anual (217 $\mu g/m^3$) encontram-se bem acima dos limites fixados como padrões primários para 24 h (240 $\mu g/m^3$) e média anual (80 $\mu g/m^3$). As máximas de 24 h superaram inclusive o nível de Atenção fixado em 375 $\mu g/m^3$.

- Partículas Inaláveis (MP_{10}): na Estação Cubatão Centro apresentando valores de concentrações máximas de 24h (123 e 84 $\mu g/m^3$) e média anual (32 $\mu g/m^3$) abaixo dos respectivos padrões primários e secundários (24h de 150 $\mu g/m^3$ e média anual de 50 $\mu g/m^3$). Na Estação Cubatão Vila Parisi, as concentrações máximas diárias (350 e 267 $\mu g/m^3$) e a média anual (99 $\mu g/m^3$) superaram os respectivos padrões primários, com as máximas diárias ultrapassando também o nível de Atenção fixado em 250 $\mu g/m^3$. Já na Estação Cubatão – Vale do Moji, onde não foi atingida a representatividade anual, foram registrados valores de máximos de 24h de 168 e 155 $\mu g/m^3$ e média anual de 54 $\mu g/m^3$, valores que superam, mas próximos aos padrões fixados.

- Dióxido de Enxofre (SO_2): Este poluente não se constitui atualmente em problema nas 2 estações monitoradas. Na Estação Cubatão Centro, os resultados obtidos para 2008 mostram que as concentrações máximas de 24h (52 e 50 $\mu g/m^3$) e média anual (13 $\mu g/m^3$) e também na Estação Vila Parisi, apesar de valores maiores, com concentrações de 125 e 75 $\mu g/m^3$ como máximas de 24h e 19 $\mu g/m^3$ como média anual, todos abaixo dos padrões fixados como primários (365 $\mu g/m^3$ para 24h e 80 $\mu g/m^3$ como média anual) para este poluente.

- Ozônio (O_3): Este poluente secundário, resultante das reações fotoquímicas na atmosfera, que é monitorado rotineiramente em Cubatão na Estação Centro, apresentou resultados de concentrações máximas de 1 hora (220 e 203 $\mu g/m^3$) acima do valor fixado como padrão primário e secundário de 160 $\mu g/m^3$ para tempo de exposição de 1 hora, ultrapassando inclusive, o nível de Atenção (200 $\mu g/m^3$) da legislação do Estado de São Paulo. Na Estação Cubatão Vale do Moji foram verificados valores de concentrações máximas horárias de 149 e 145 $\mu g/m^3$, sendo estes valores próximos, mas abaixo do padrão horário para este poluente, que é de 160 $\mu g/m^3$.

- Dióxido de Nitrogênio (NO_2): Este poluente, monitorado na Estação Cubatão Centro, apresenta resultados de concentrações máximas horárias (145 e 142 $\mu g/m^3$) e média anual (30 $\mu g/m^3$) abaixo dos respectivos padrões primários de 1 hora (320 $\mu g/m^3$) e média anual (100 $\mu g/m^3$) e inclusive abaixo dos padrões secundários (190 $\mu g/m^3$ para 1 hora e 100 $\mu g/m^3$ como média anual). Na Estação Cubatão Vale do Moji, foram verificados resultados de concentrações máximas horárias de 162 e 143 $\mu g/m^3$ e média anual de 27 $\mu g/m^3$, também abaixo dos respectivos valores correspondentes aos padrões horário e média anual, primários e secundários, para este poluente.

QUADRO 10.1.11.2.2-4: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Cubatão no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

Estação	Poluente														
	Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu g/m^3$)					Partículas Inaláveis (MP_{10}) ($\mu g/m^3$)					Dióxido de Enxofre (SO_2) ($\mu g/m^3$)				
	Máximas 24h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 24h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 24h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª		24h[1]	MGA[2]	1ª	2ª		24h[1]	MAA[3]	1ª	2ª		24h[1]	MAA[3]
Cubatão-Centro	-	-	-	240 (150)	80 (60)	123	84	32	150 (100)	50 (50)	52	50	13	365 (100)	80 (40)
Cubatão-V. Parisi	487[5]	458[5]	217[5]			350[5]	267[5]	99[5]			125	75	19		
Cubatão-V.do Moji[4]	-	-	-			168*[5]	155*[5]	54*[5]			-	-	-		

Fonte: Cetesb, 2009

[1] – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

[2] – MGA – Média Geométrica Anual

[3] – MAA – Média Aritmética Anual

[4] – Início de operação: 05/04/2006

[5] – Ultrapassou o Padrão Primário

* Não atendeu ao critério de representatividade

QUADRO 10.1.11.2.2-5: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Cubatão no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

Estação	Poluente							
	Ozônio (O_3) ($\mu g/m^3$)			Dióxido de Nitrogênio (NO_2) ($\mu g/m^3$)				
	Máximas 1h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	Máximas 1h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	1 h[1]	1ª	2ª		1 h	MAA[3]
Cubatão-Centro	220[5]	203[5]	160 (160)	145	142	30*	320 (190)	100 (100)
Cubatão-V. Parisi[6,8]	-	-		-	-	-		
Cubatão-V.do Moji[4,7]	149*	145*		162*	143*	27*		

Fonte: Cetesb, 2009

[1] – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

[2] – MGA – Média Geométrica Anual

[3] – MAA – Média Aritmética Anual

[4] – Início de operação para O_3: 05/04/2006

[5] – Ultrapassou o Padrão Primário

[6] - Início da operação: 18/07/2005

[7] - Início de operação para NO_2: 25/04/2007

[8] - Término da operação: 15/04/2006

* Não atendeu ao critério de representatividade

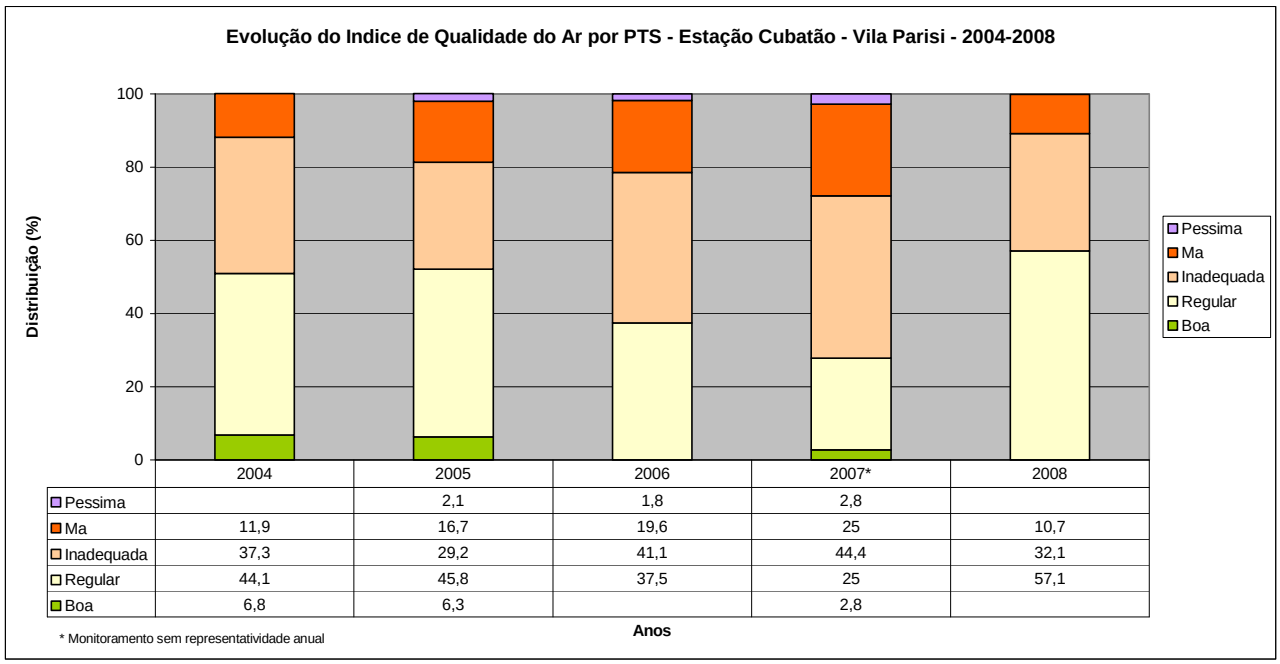
Índices de Qualidade do Ar registrados em 2008 nas Estações de Cubatão

Nos gráficos a seguir são apresentadas as evoluções dos índices de qualidade do ar calculados para os diferentes poluentes segundo dados das Estações Cubatão Centro e Vila Parisi no período de 2004 a 2008.

O **Gráfico 10.1.11.2.2-5** mostra a evolução da distribuição dos índices para Partículas Totais em Suspensão (PTS) monitorados na Estação Cubatão Vila Parisi. O gráfico mostra poucos registros de qualidade Boa neste período de 5 anos e a redução da condição de qualidade Regular de 2004 até 2007, voltando a aumentar em 2008. A qualidade Inadequada que significa ultrapassagens ao padrão primário deste poluente aumentou no período de 2005 a 2007 com leve decréscimo em 2008.

Há registros significativos da qualidade Má, que indica registros de concentrações no nível de Atenção do Plano de Emergência para episódios agudos, com tendência de crescimento de 2004 (11,9%) a 2007 (25%), com queda em 2008. Também se deve destacar o registro de qualidade Péssima (indica resultados com ultrapassagens do nível de Alerta) nos anos de 2005, 2006 e 2007, resultando no enquadramento em níveis de Saturação Severa para material particulado.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-5: Distribuição do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Totais em Suspensão (PTS) na Estação Cubatão -Vila Parisi em 2008 (Cetesb, 2009).

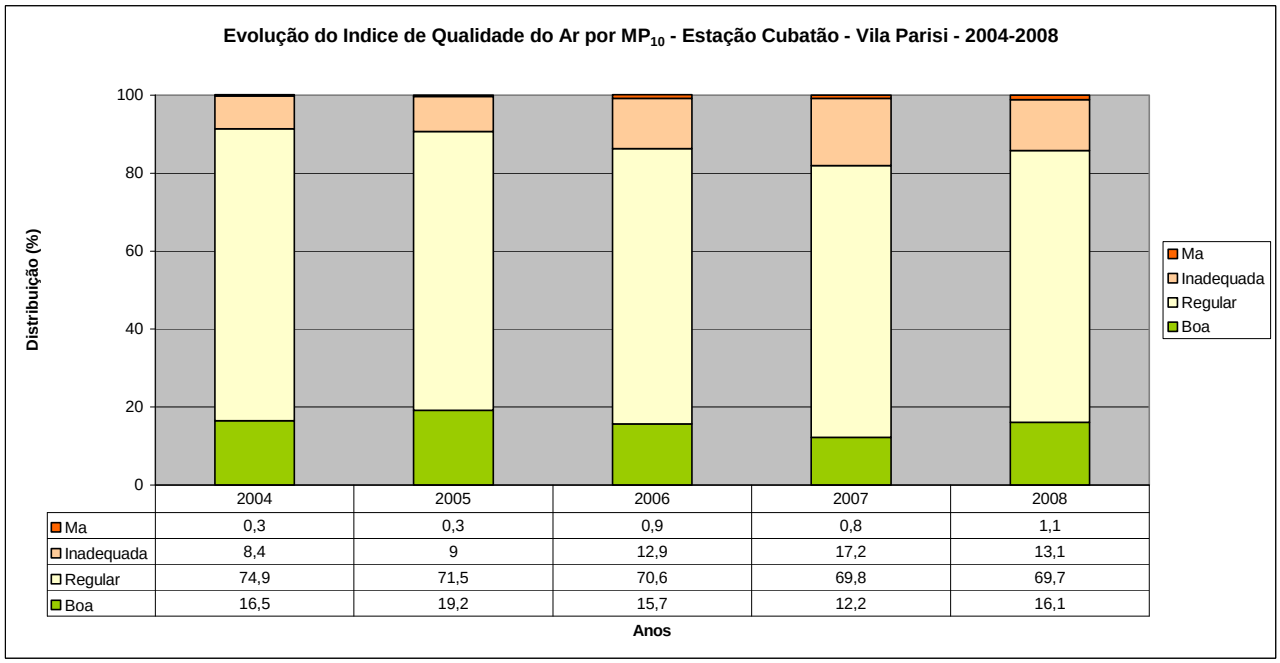


	2004	2005	2006	2007*	2008
Pessima		2,1	1,8	2,8	
Ma	11,9	16,7	19,6	25	10,7
Inadequada	37,3	29,2	41,1	44,4	32,1
Regular	44,1	45,8	37,5	25	57,1
Boa	6,8	6,3		2,8	

* Monitoramento sem representatividade anual

O **Gráfico 10.1.11.2.2-6** mostra a evolução dos Índices de Qualidade do Ar para Partículas Inaláveis (MP_{10}) calculadas para o período de 2004 a 2008 com os dados gerados na Estação Cubatão Vila Parisi. Pode-se verificar uma predominância clara da condição de qualidade Regular durante o período analisado, observando também uma leve tendência de aumento da condição Inadequada até 2007. Deve ressaltar ainda, embora com pequena incidência, o registro em todos os anos da qualidade Má que significa ocorrência da qualidade no nível de Atenção.

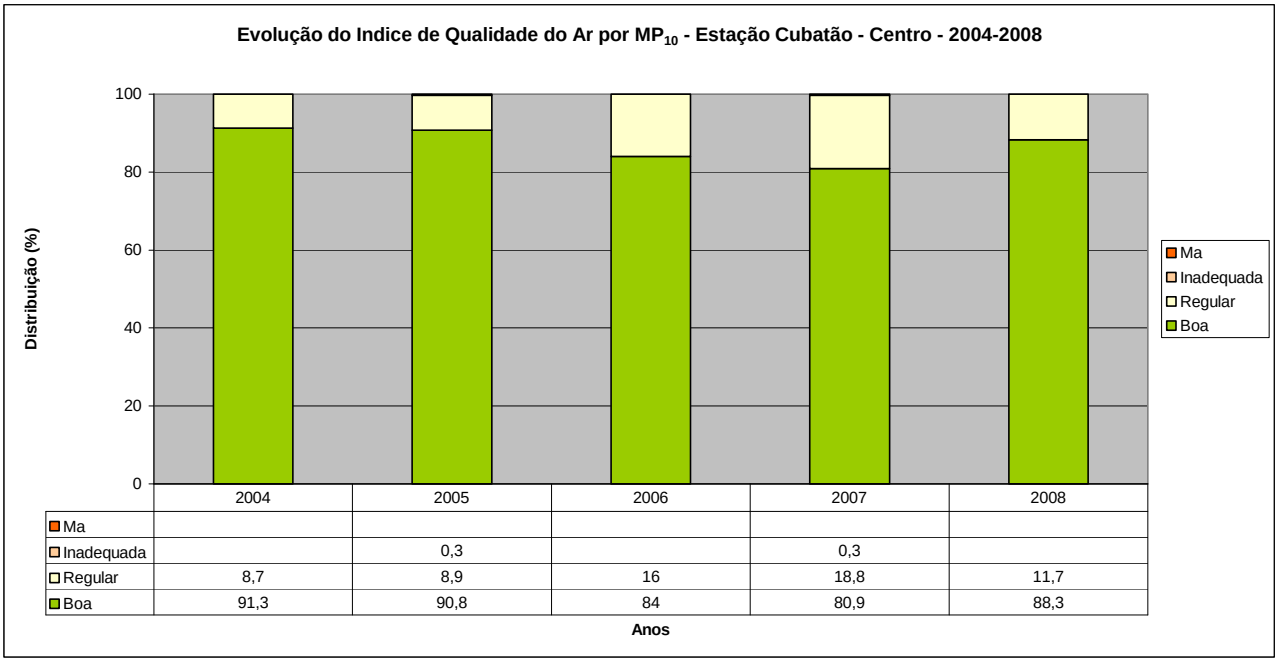
GRÁFICO 10.1.11.2.2-6: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Cubatão-Vila Parisi no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Ma	0,3	0,3	0,9	0,8	1,1
Inadequada	8,4	9	12,9	17,2	13,1
Regular	74,9	71,5	70,6	69,8	69,7
Boa	16,5	19,2	15,7	12,2	16,1

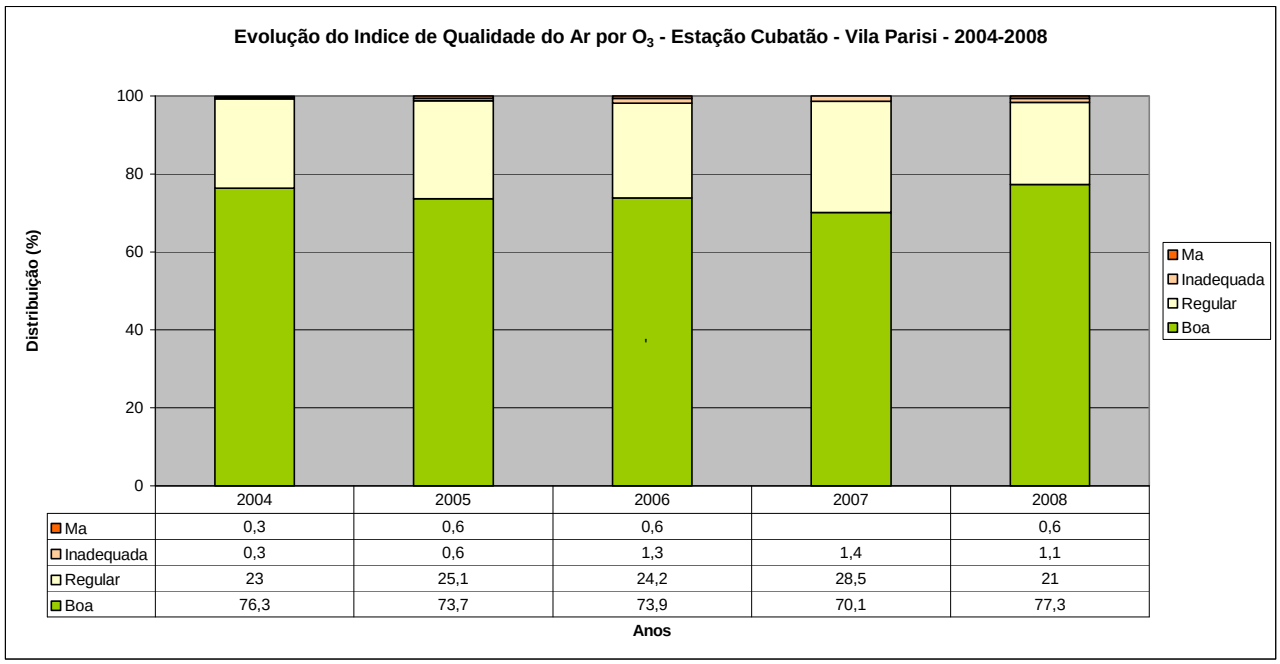
O **Gráfico 10.1.11.2.2-7** mostra a evolução dos Índices de Qualidade do Ar para Partículas Inaláveis (MP_{10}) do período de 2004 a 2008 para Estação Cubatão Centro. Pode-se verificar uma predominância indiscutível da condição de qualidade Boa, observando uma leve tendência de queda desta condição durante o período analisado, com consequente aumento da qualidade Regular.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-7: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Cubatão-Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



No **Gráfico 10.1.11.2.2-8** é apresentado a evolução dos Índices de Qualidade do Ar para o poluente Ozônio (O_3) monitorado na Estação Cubatão Centro. Pode-se verificar uma predominância clara da condição de qualidade Boa, observando uma leve tendência de queda desta condição até 2007, com consequente aumento da qualidade Regular. Ressalte-se o registro das condições de qualidade Inadequada (ultrapassagens ao padrão primário) e de qualidade Má (níveis de Atenção), cujos resultados são responsáveis pelo enquadramento no nível de Saturação Seria da região para este poluente.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-8: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Ozônio (O_3) na Estação Cubatão-Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Ma	0,3	0,6	0,6		0,6
Inadequada	0,3	0,6	1,3	1,4	1,1
Regular	23	25,1	24,2	28,5	21
Boa	76,3	73,7	73,9	70,1	77,3

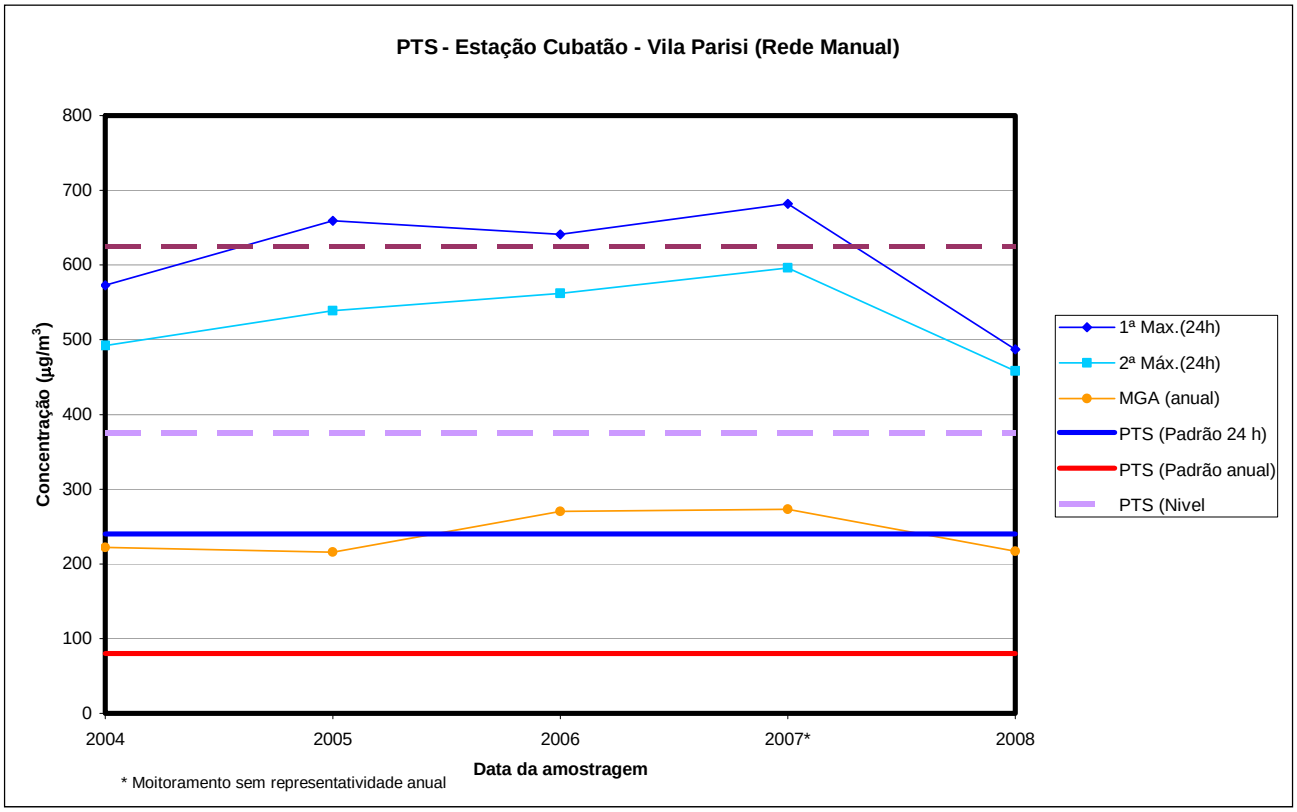
Evolução da Qualidade do Ar em Cubatão no período de 2004 a 2008

As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados nas estações de monitoramento operadas em Cubatão no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os resultados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curta exposição (1 ou 24 h) e de médias anuais, comparadas aos respectivos valores dos padrões.

ESTAÇÃO CUBATÃO – VILA PARISI (REDE AUTOMÁTICA)

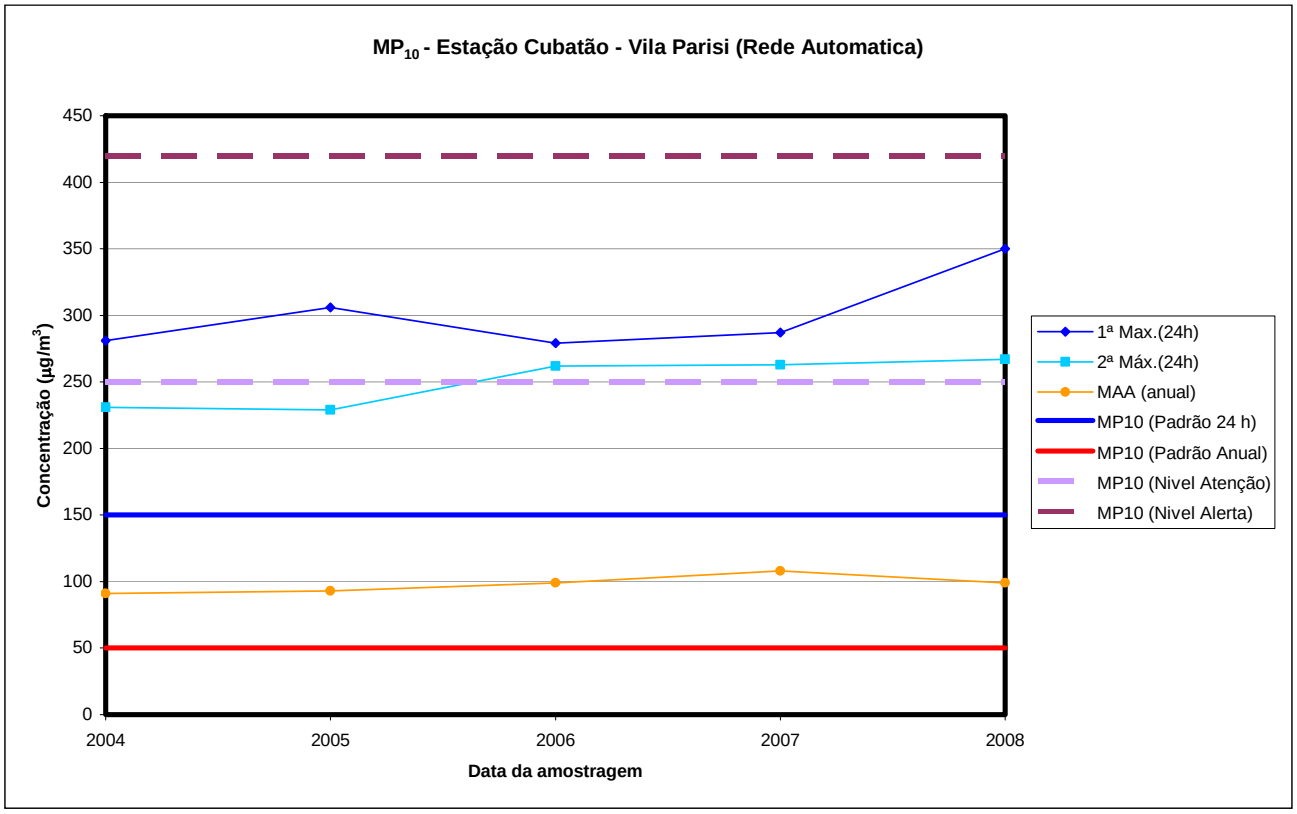
O **Gráfico 10.1.11.2.2-9** mostra a evolução dos resultados verificados na Estação Cubatão-Vila Parisi para Partículas Totais em Suspensão (PTS). Todos os resultados das concentrações máximas de curto prazo (24 h) no período de 2004 a 2008 ultrapassaram não só o padrão diário primário (240 $\mu g/m^3$), mas também o nível de Atenção (375 $\mu g/m^3$), sendo que os valores da primeira máxima de 659, 641 e 682 $\mu g/m^3$, referentes aos anos de 2005, 2006, 2007, respectivamente, também ultrapassaram o nível de Alerta (625 $\mu g/m^3$). Todas as concentrações médias anuais que variaram de 216 a 273 $\mu g/m^3$ se apresentaram com valores muito acima do padrão anual primário de 80 $\mu g/m^3$. Estes resultados mostram níveis de concentração de material particulado muito elevado na área industrial que definiram enquadramento do município como Saturado Severo.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-9: Evolução das concentrações máximas de Partículas Totais em Suspensão (PTS) na Estação Cubatão – Vila Parisi no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



No **Gráfico 10.1.11.2.2-10** é apresentado a evolução dos resultados obtidos na Estação Cubatão-Vila Parisi para Partículas Inaláveis (MP_{10}) no período de 2004 a 2008. Todos os resultados das concentrações máximas de curto prazo (24 h) no período analisado ultrapassaram o padrão diário primário de 150 $\mu g/m^3$. Todas as primeiras máximas (variando de 279 a 350 $\mu g/m^3$), bem as segundas máximas de 2006, 2007 e 2008 (262, 263 e 267 $\mu g/m^3$, respectivamente) também ultrapassaram o nível de Atenção (250 $\mu g/m^3$). Todos os resultados das concentrações médias anuais que variaram de 91 a 108 $\mu g/m^3$ se apresentaram muito acima do padrão anual primário de 50 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-10: Evolução das concentrações máximas de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Cubatão – Vila Parisi no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Ainda na Estação Cubatão-Vila Parisi é realizado o monitoramento continuo de Dióxido de Enxofre (SO_2), com a evolução das concentrações máximas mostrada na **Figura 7.7.1-3**. Os resultados das máximas diárias que variaram de 66 a 222µg/m^3 ficaram abaixo do padrão primário de 365µg/m^3 para exposições de 24 h, mostrando uma tendência de crescimento de 2004 a 2007, com queda em 2008. Os resultados das médias anuais variaram de 15 a 27 µg/m^3 ficando bem abaixo do padrão primário anual de 80µg/m^3 e mesmo do padrão secundário de 40µg/m^3.

ESTAÇÃO CUBATÃO – CENTRO (REDE AUTOMÁTICA)

O **Gráfico 10.1.11.2.2-11** mostra a evolução dos resultados verificados na Estação Cubatão-Centro (Automática) para Ozônio (O_3), onde todos os resultados das concentrações máximas de 1 h no período de 2004 a 2008 (variando de 163 a 221 µg/m^3) ultrapassaram o padrão horário primário de 160 µg/m^3. Os resultados deste monitoramento são responsáveis pelo enquadramento da região como Saturada no nível Sério.

Ainda nesta estação é realizado o monitoramento continuo de Dióxido de Enxofre (SO_2), com a evolução das concentrações máximas mostrada no **Gráfico 10.1.11.2.2-12**. Os resultados das máximas diárias (variando de 51 a 94 µg/m^3) ficaram abaixo do padrão primário de 365 µg/m^3 para exposições de 24 h, mostrando uma tendência de queda no período de 2004 a 2006, mantendo-se neste nível até 2008. Os resultados das médias anuais variaram de 12 a 16 µg/m^3 ficando bem abaixo do padrão primário anual de 80 µg/m^3 e até secundário de 40 µg/m^3 (**Gráfico 10.1.11.2.2-13)**.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-11: Evolução das concentrações máximas de Dióxido de Enxofre (SO_2) na Estação Cubatão – Vila Parisi no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

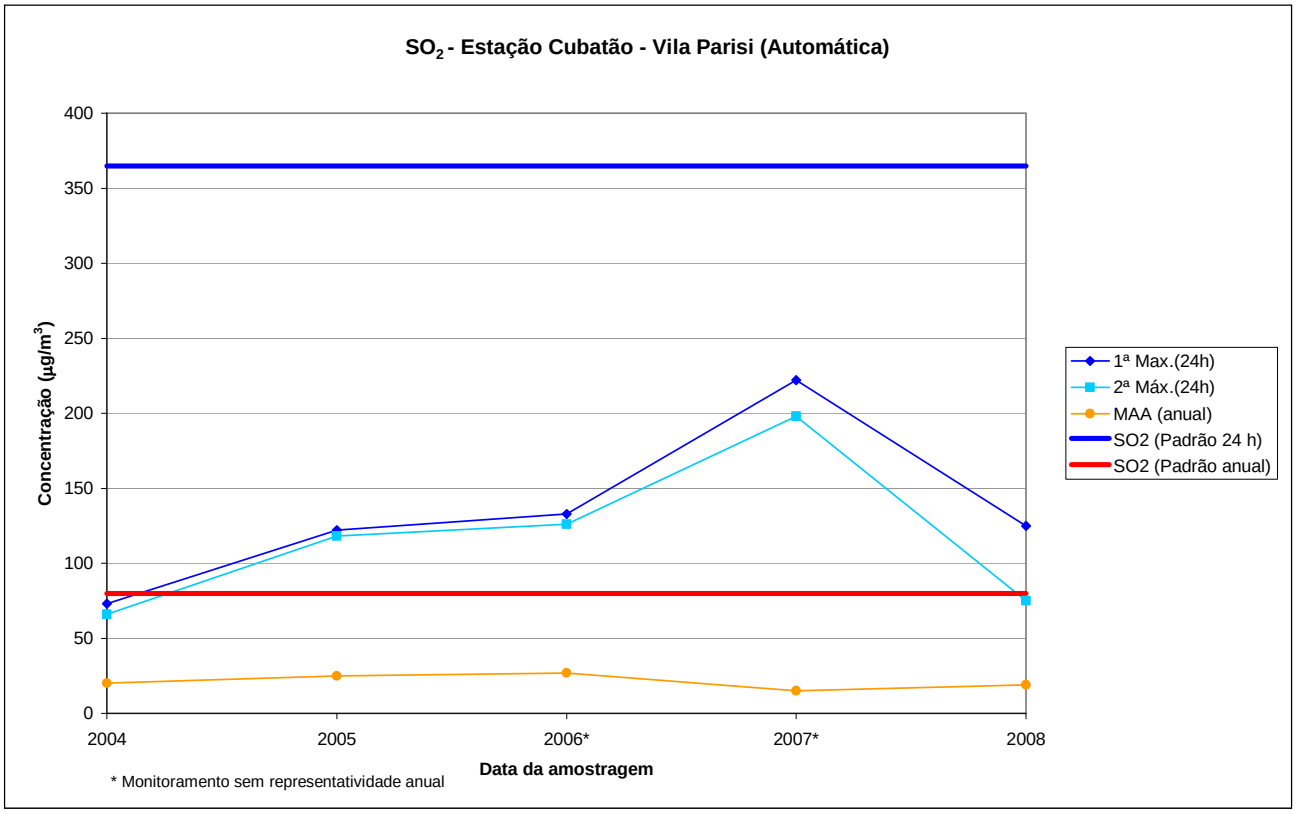


GRÁFICO 10.1.11.2.2-12: Evolução das concentrações máximas de Ozônio (O_3) na Estação Cubatão – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

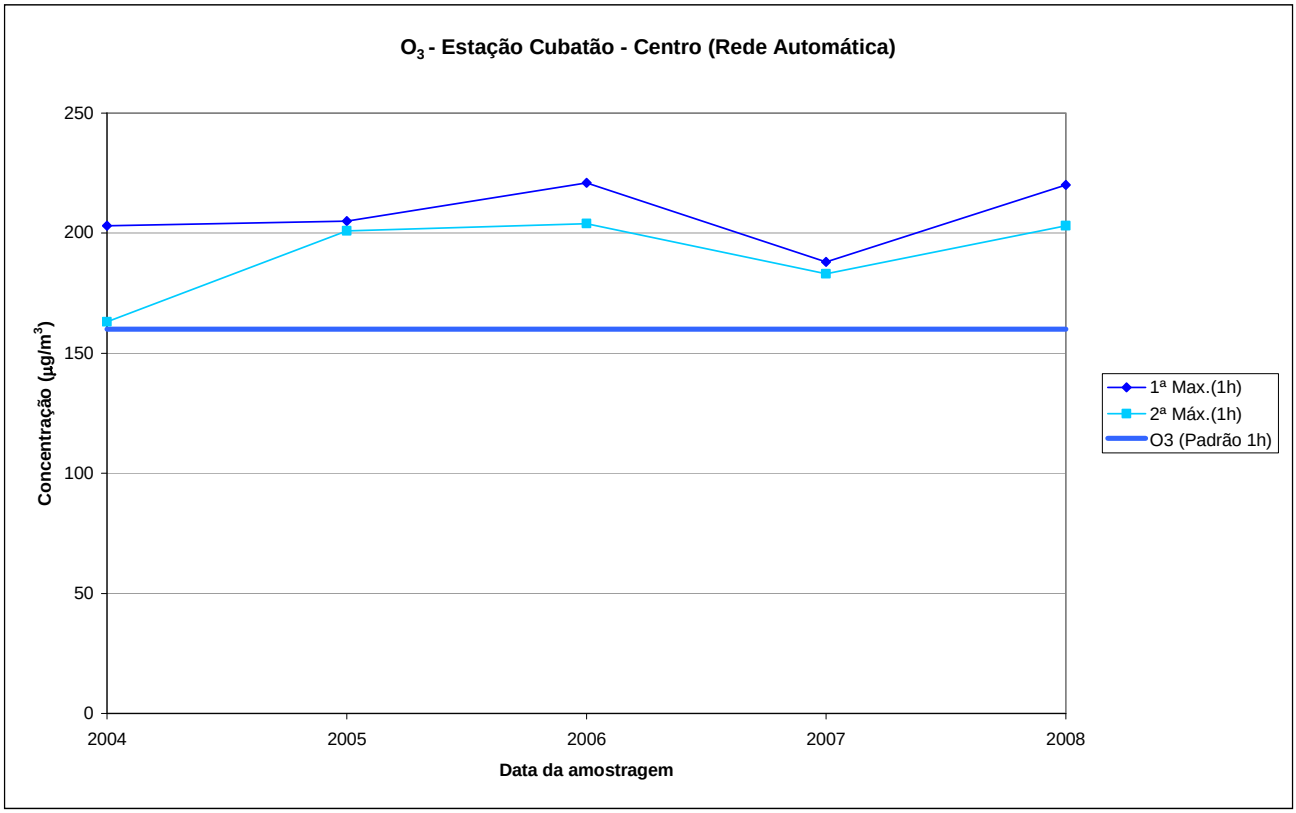
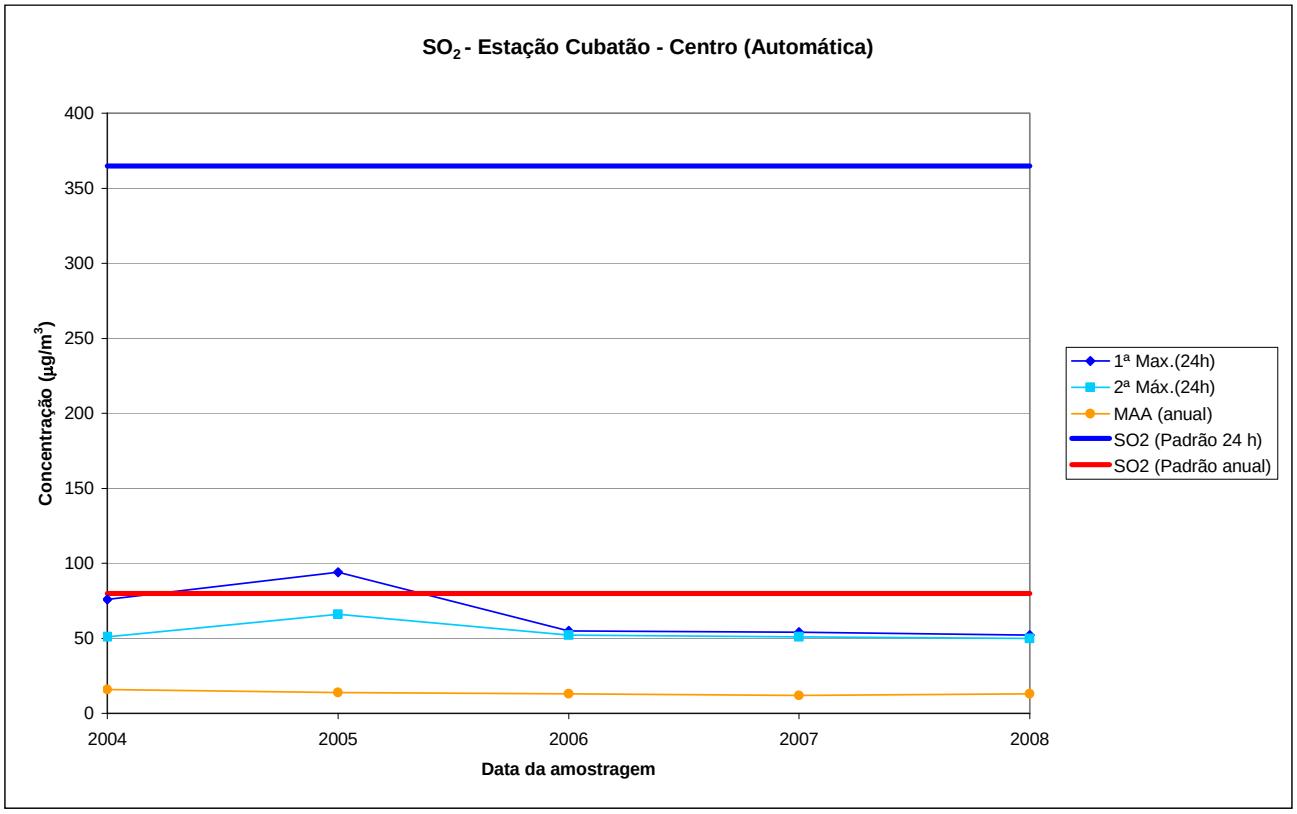


GRÁFICO 10.1.11.2.2-13: Evolução das concentrações máximas de Dióxido de Enxofre (SO_2) na Estação Cubatão – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Ainda na Estação Cubatão – Centro é realizado monitoramento de Dióxido de Nitrogênio (NO_2), cujos resultados são apresentados na **Figura 7.7.2-4**. Os resultados das máximas diárias que variaram de 85 a 151 µg/m^3 ficaram abaixo do padrão horário primário de 320 µg/m^3, mostrando oscilações no período de 2004 a 2008. Os resultados das médias anuais variaram de 18 a 30 µg/m^3 ficando também bem abaixo do padrão primário e secundário anual de 100 µg/m^3.

ESTAÇÃO CUBATÃO – VALE DO MOJI (REDE AUTOMÁTICA)

Esta estação iniciou operação de monitoramento de Ozônio (O_3) em Abril de 2006. O **Gráfico 10.1.11.2.2-14** mostra os resultados obtidos, com as máximas horárias de 2006 (163 e 161 µg/m^3) superando ligeiramente o padrão primário e secundário de 160 µg/m^3. Os valores de 2007 (132 e 119 µg/m^3) e de 2008 (149 e 145 µg/m^3) ficaram abaixo do referido padrão (**Gráfico 10.1.11.2.2-15**). Deve-se observar que o monitoramento nestes três anos não atingiu representatividade anual de amostras.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-14: Evolução das concentrações máximas de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) na Estação Cubatão – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

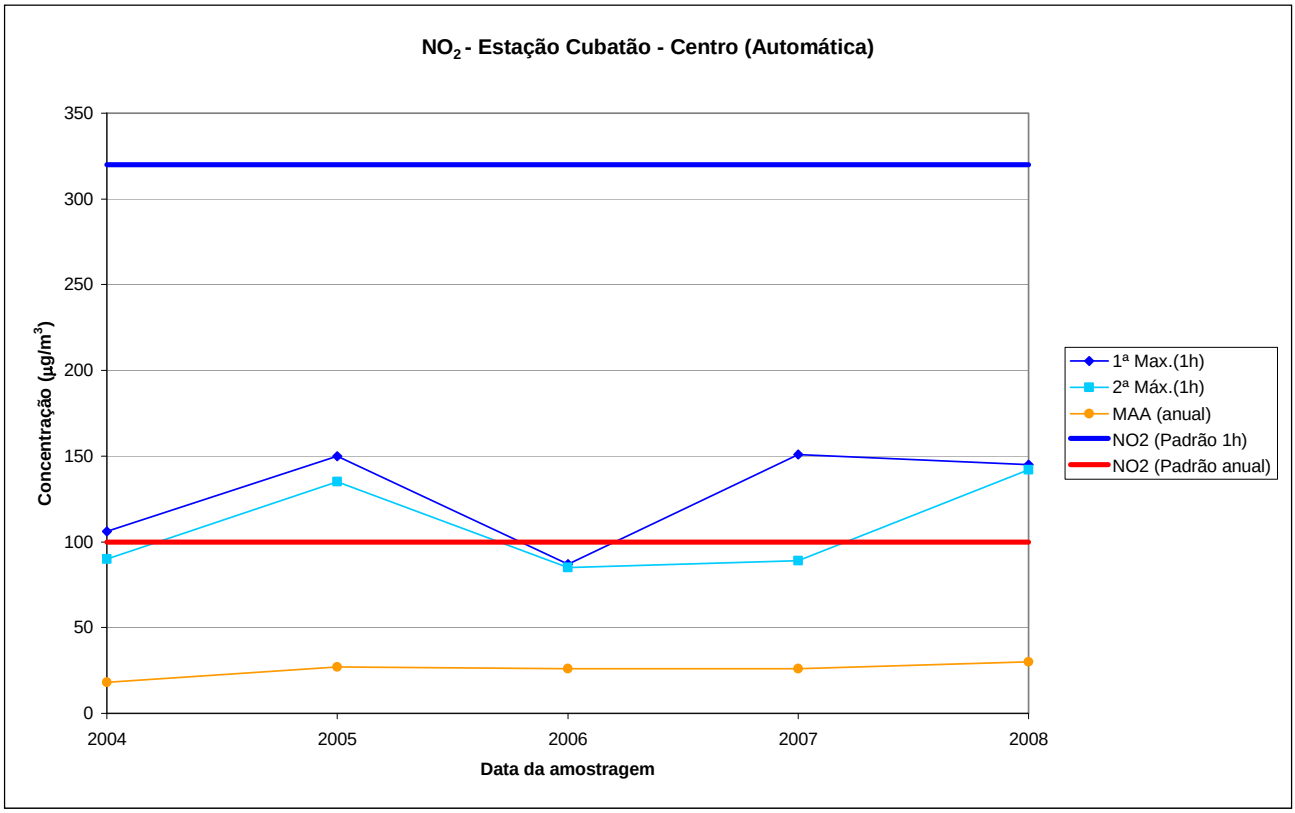
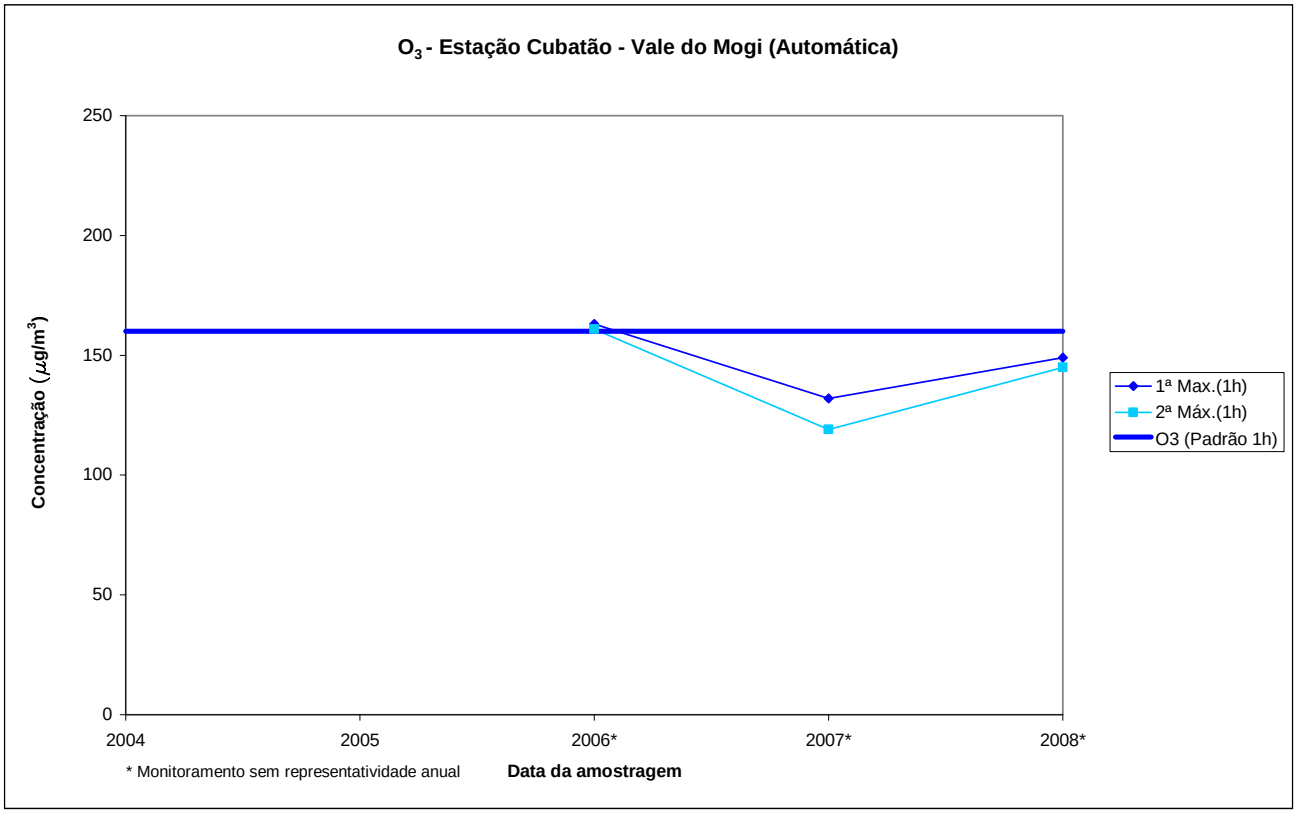


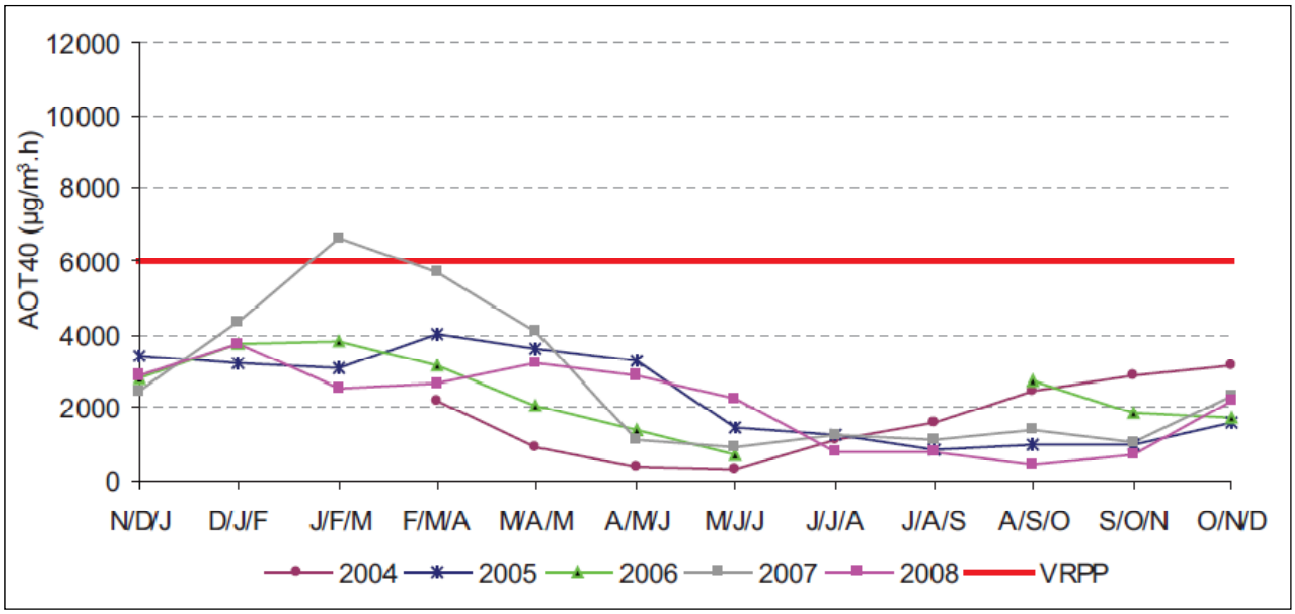
GRÁFICO 10.1.11.2.2-15: Evolução das concentrações máximas de Ozônio (O_3) na Estação Cubatão – Vale do Moji no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Resultados de AOT40 Trimestral em Comparação com Valor de Referência para Proteção da Produtividade (VRPP)

O **Gráfico 10.1.11.2.2-16** mostra os valores de AOT40 calculados trimestralmente para os últimos cinco anos com base nos dados de Ozônio gerados no monitoramento realizado na Estação Cubatão – Centro, comparados com o Valor de Referência para Proteção da Produtividade (VRPP) de 6.000 $\mu g/m^3.h$. Pode-se verificar que apenas um único valor do trimestre J/F/M de 2007 ultrapassou o nível VRPP. Segundo Cetesb, o maior valor de AOT40 calculado para 2008 foi de 3.611 $\mu g/m^3.h$ no trimestre D/J/F.

GRÁFICO 10.1.11.2.2-16: Evolução dos resultados de AOT40 trimestrais de 2004 a 2008 referente a Estação Cubatão – Centro (Cetesb, 2009)



Níveis de saturação da Qualidade do Ar no Município de Guarujá e Região

No **Quadro 10.1.11.2.2-6** é apresentada a classificação de Guarujá e municípios vizinhos quanto ao grau de saturação da qualidade do ar, de acordo com o enquadramento constante da Resolução SMA 061/2009 em atendimento ao disposto no Decreto 52.469/07. Considerando que não há monitoramento de qualidade do ar no município, Guarujá e todos os outros municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista, exceto de Peruíbe, foram enquadrados como Saturado-Sério pelos resultados de concentrações para Ozônio monitorado na Estação Cubatão – Centro.

Cubatão está, ainda, enquadrado como Saturado-Severo por Material Particulado, principalmente pelos resultados do monitoramento na Estação Cubatão – Vila Parisi. Considerando não haver problemas com Dióxido de Enxofre na região, Cubatão e Santos estão classificados como Não Saturado para este poluente.

QUADRO 10.1.11.2.2-6: Classificação do Município de Guarujá e municípios vizinhos no grau de saturação da qualidade do ar (Resolução SMA 061, 2009)

MUNICIPIO	PARAMETRO					MUNICIPIO MONITORADO PARA O_3
	MP	SO_2	CO	NO_2	O_3	
Guarujá					SAT-SER	Cubatão
Cubatão	SAT-SEV	NS			SAT-SER	Cubatão
Santos	SAT-SEV	NS			SAT-SER	Cubatão
Bertioga					SAT-SER	Cubatão
São Vicente					SAT-SER	Cubatão

MP – material particulado
SO_2 – dióxido de enxofre
CO – monóxido de carbono
NO_2 – dióxido de nitrogênio
O_3 – Ozônio
SAT-SER – área saturada sério
SAT-SEV – área saturada severo
NS – área não saturada

Conclusão

Em 2008 ocorreram ultrapassagens aos padrões de qualidade do ar na Estação Santos – Porto e Estação Cubatão – Vila Parisi para Material Particulado (tanto PTS como MP_{10}) enquadrando estes dois municípios na classificação de Saturado-Severo para este poluente. Em termos de Ozônio, com os resultados obtidos na Estação Cubatão – Centros que ultrapassaram o padrão de qualidade do ar, os municípios da região, incluindo Guarujá, estão classificados como Saturado-Sério.

10.1.11.2.3 Terminal RMSP (Caieiras)

Características Gerais da Região do Município de Caieiras

O Município de Caieiras está localizado na região a noroeste da Capital, teve sua emancipação política em 1958, ocupa uma área de 96 km^2 com uma população estimada atual, segundo IBGE - abril/2007, em 81.163 habitantes. Este município com outros 38 integram a Região Metropolitana de São Paulo integrando a Ugrhi 6 – Alto Tiete. Conhecida como a "cidade dos pinheirais", por possuir grande área florestal preenchida por pinheiros e eucaliptos, teve seu nome inspirado em fornos de cal implantados na região no século XIX por Cel. Antonio Proost Rodovalho. No desenvolvimento de Caieiras merece destaque a implantação em 1890 da empresa Melhoramentos de São Paulo com produção de papel, com o município apresentando atualmente um dos melhores índices de qualidade de vida do território paulista.

Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar na Região do Município de Caieiras

No Município de Caieiras, a Cetesb não mantém estação de monitoramento rotineiro de qualidade do ar. Assim pela localização de município limítrofe com o Município de São Paulo, as estações de monitoramento mais próximas são as estações automáticas de Nossa Senhora do Ó e de Santana e a estação móvel do Horto Florestal, os quais apresentam as seguintes características:

- Estação Nossa Senhora do Ó (Rede Automática) – instalada junto a Escola Estadual Cacilda Becker à Rua Cap. José Amaral, 80 – Bairro Freguesia do Ó – São Paulo, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Umidade Relativa e Temperatura).

- Estação Santana (Rede Automática) – instalada junto a Parque do Material Aeronáutico à Av. Santos Dumont, 1019 – Bairro de Santana – São Paulo, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Umidade Relativa e Temperatura).

- Estação Horto Florestal (Estação Móvel) – instalada no Parque Estadual Alberto Loefgren à Rua do Horto, 931 – São Paulo, medindo até 2006 os seguintes parâmetros: Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e Ozônio (O_3).

Qualidade do Ar na Região em 2008

Segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009), a qualidade do ar na região de Caieiras verificada para 2008, segundo as estações Nossa Senhora do Ó e Santana instaladas e operadas em São Paulo, pode ser caracterizada conforme resumo dos resultados apresentados no **Quadro 10.1.11.2.3-1** para os parâmetros medidos.

QUADRO 10.1.11.2.3-1: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar nas estações Nossa Senhora do Ó e Santana no ano de 2008. (Fonte de dados: Cetesb, 2009).

ESTAÇÃO	POLUENTE							
	Partículas Inaláveis (MP_{10}) ($\mu g/m^3$)					Ozônio (O_3) ($\mu g/m^3$)		
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	1 h[2]
Nossa Senhora do Ó (Automática)	93	90	34	150 (150)	50 (50)	245	244	160 (160)
Santana (Automática)	103	102	38			263	229	

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

- Partículas Inaláveis (MP_{10}): A Estação Nossa Senhora do Ó em 2008 apresentou valores de concentrações máximas de 24 h de 93 e 90 $\mu g/m^3$ e média anual de 34 $\mu g/m^3$. As concentrações máximas registradas, tanto de 24 h como a media anual, encontram-se abaixo dos respectivos padrões, primário e secundário, de 150 $\mu g/m^3$ para 24 h e de 50 $\mu g/m^3$ como média anual. A Estação Santana também apresentou resultados abaixo dos citados limites, apesar de valores pouco mais elevados, quais sejam: 103 e 102 $\mu g/m^3$ como máximas de 24 h e 38 $\mu g/m^3$ como media anual.

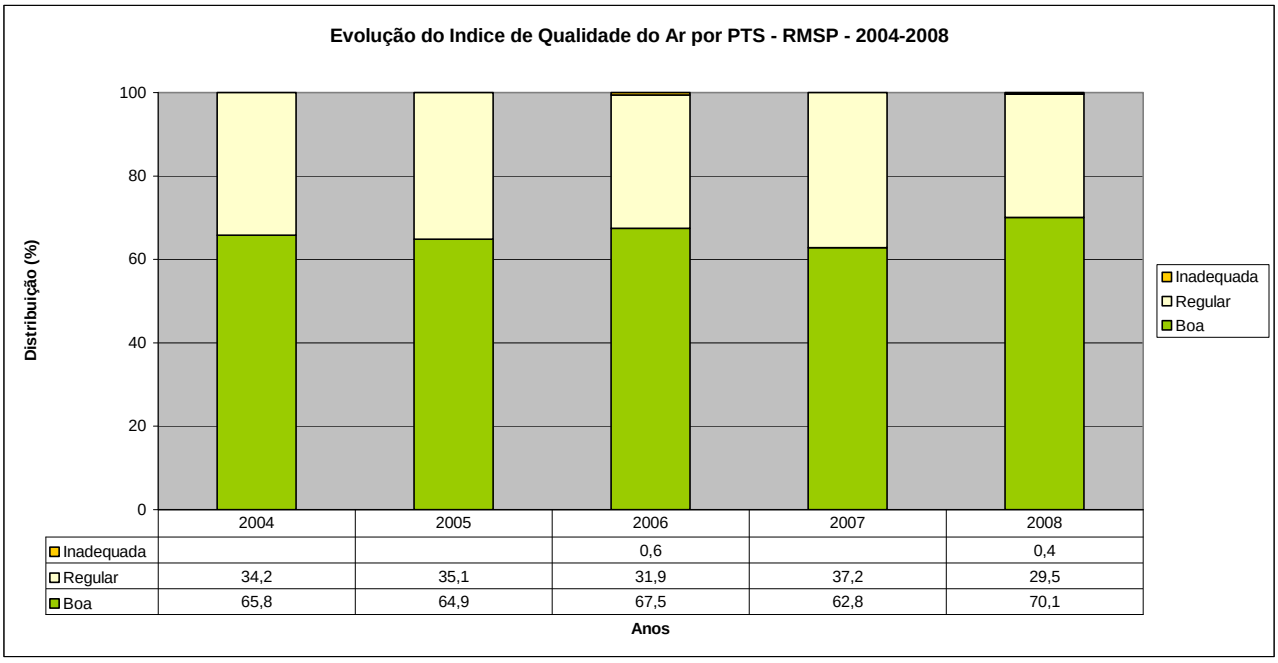
- Ozônio (O_3): Na Estação Nossa Senhora do Ó foram registradas para 2008, concentrações máximas de 1 h de 245 e 244 $\mu g/m^3$, valores estes que se encontram acima dos padrões primários e secundários de 160 $\mu g/m^3$ para exposições de 1 h. Da mesma forma a Estação Santana registrou concentrações máximas horárias de 263 e 229 $\mu g/m^3$ que ultrapassaram o limite especificado.

Evolução dos Índices de Qualidade do Ar no Período de 2004 a 2008

Considerando a abrangência a Região Metropolitana de São Paulo é apresentada a seguir a evolução dos índices para RMSP no período de 2004 a 2008. No **Gráfico 10.1.11.2.3-1** é mostrado a evolução do Índice de Qualidade do Ar para Partículas Totais em Suspensão (PTS), podendo-se verificar uma predominância da qualidade Boa, não havendo alterações significativas durante o período analisado.

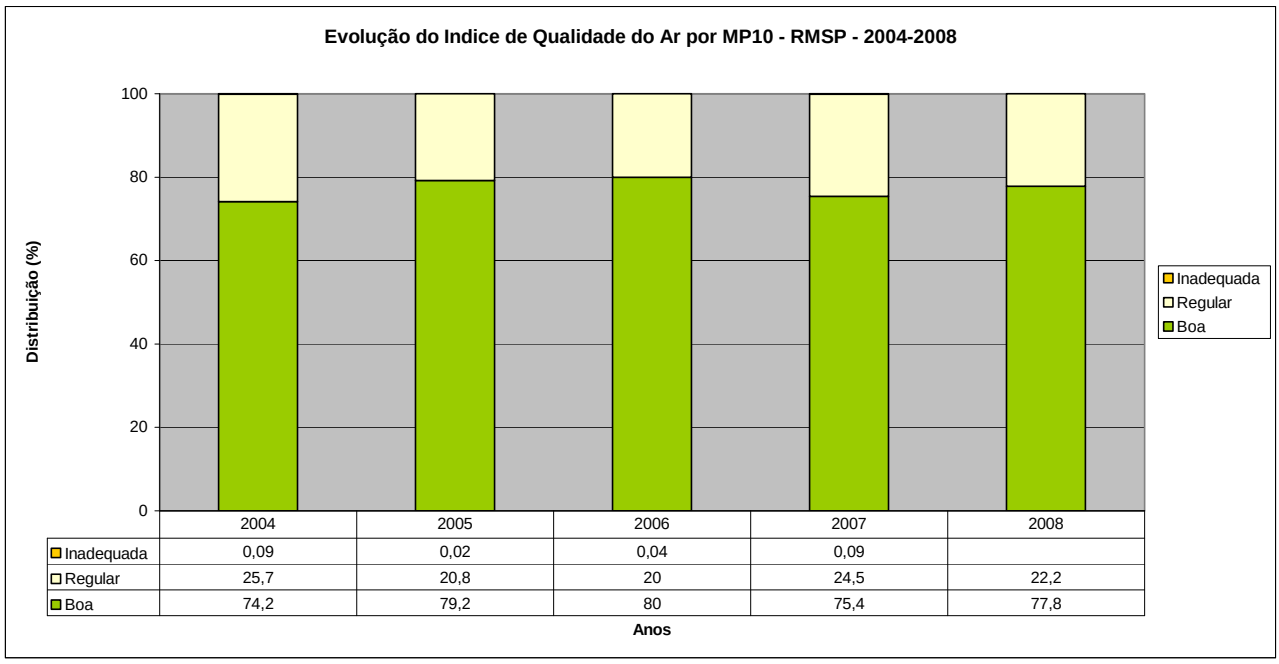
No **Gráfico 10.1.11.2.3-2** é apresentado a evolução dos índices para Partículas Inaláveis (MP_{10})**,** também com predominância ainda maior da qualidade Boa, mantendo-se em níveis similares em todo período analisado.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-1: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Totais em Suspensão (PTS) na RMSP no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Inadequada			0,6		0,4
Regular	34,2	35,1	31,9	37,2	29,5
Boa	65,8	64,9	67,5	62,8	70,1

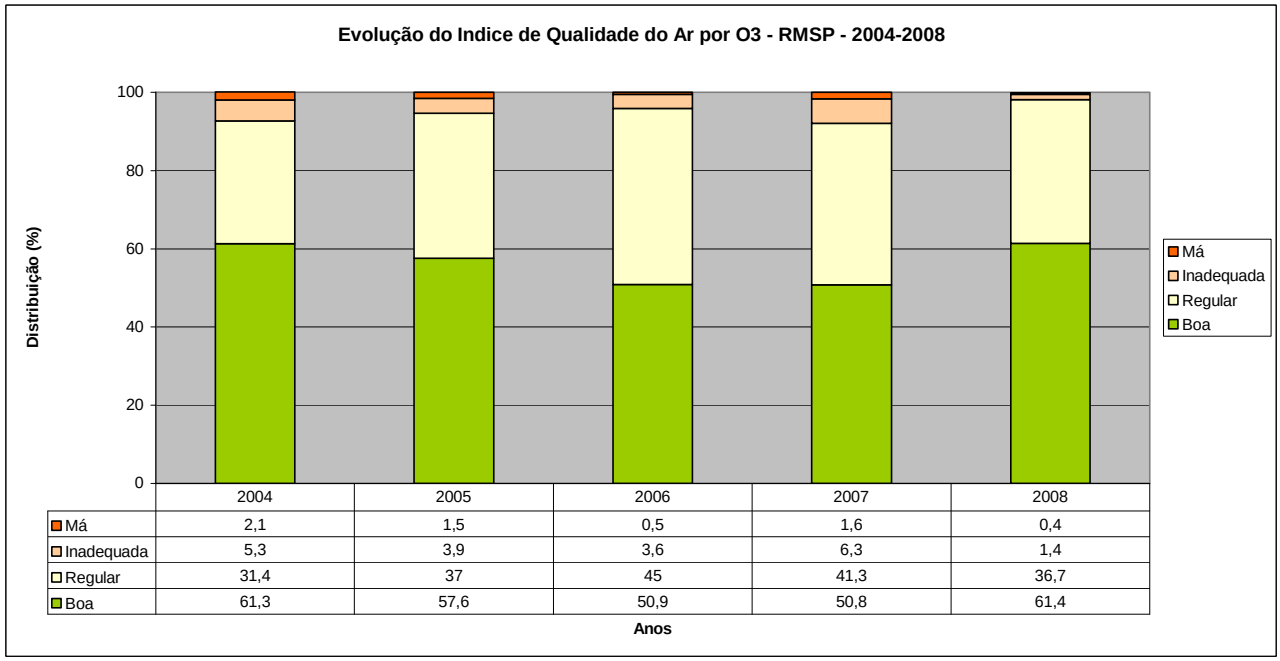
GRÁFICO 10.1.11.2.3-2: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Inaláveis (MP_{10}) na RMSP no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Inadequada	0,09	0,02	0,04	0,09	
Regular	25,7	20,8	20	24,5	22,2
Boa	74,2	79,2	80	75,4	77,8

O **Gráfico 10.1.11.2.3-3** mostra a evolução do índice de qualidade para Ozônio (O_3), verificando uma pequena queda na qualidade Boa, com consequente aumento da qualidade Regular nos anos 2006 e 2007, retornando em 2008 aos níveis de 2004. Pode-se ainda ressaltar o registro da ocorrência de qualidade Inadequada (ultrapassagens ao padrão primário) e chegando a qualidade Má, o que indica a ocorrência de concentrações ao nível de Atenção.

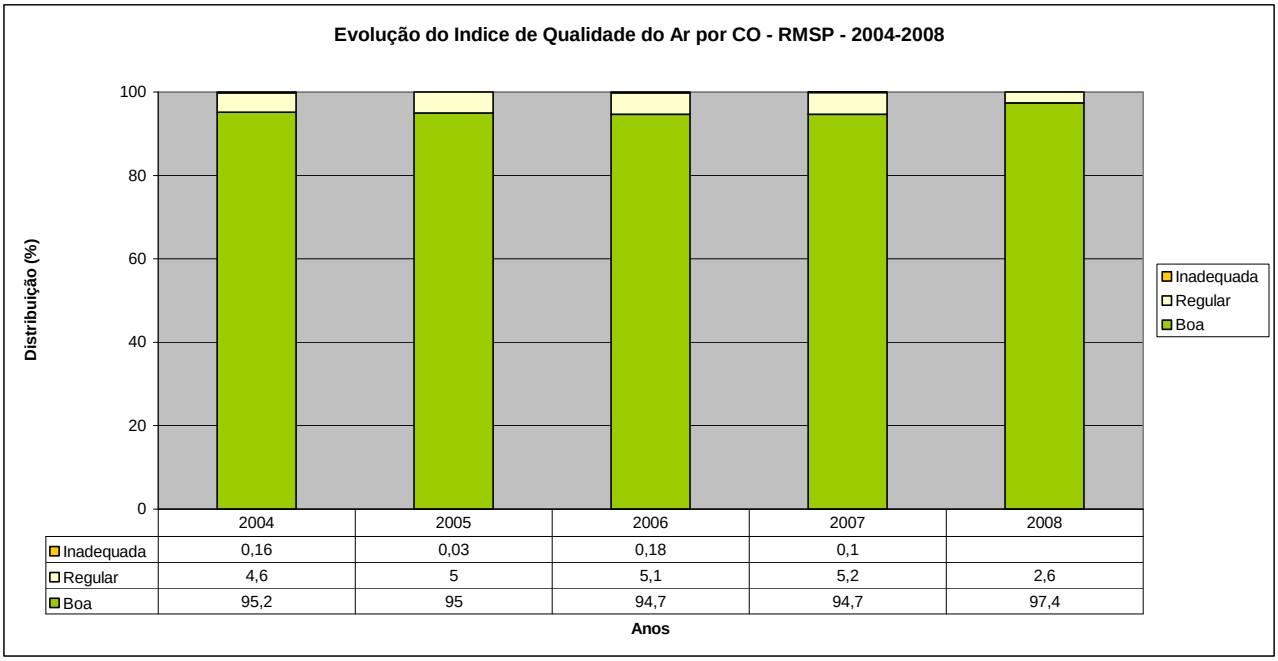
GRÁFICO 10.1.11.2.3-3: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Ozônio (O_3) na RMSP no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Má	2,1	1,5	0,5	1,6	0,4
Inadequada	5,3	3,9	3,6	6,3	1,4
Regular	31,4	37	45	41,3	36,7
Boa	61,3	57,6	50,9	50,8	61,4

No **Gráfico 10.1.11.2.3-4** é apresentado a evolução do índice para Monóxido de Carbono (CO), com grande predominância da qualidade Boa durante todo o período, registrando a melhor condição no ano de 2008.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-4: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Monóxido de Carbono (CO) na RMSP no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Inadequada	0,16	0,03	0,18	0,1	
Regular	4,6	5	5,1	5,2	2,6
Boa	95,2	95	94,7	94,7	97,4

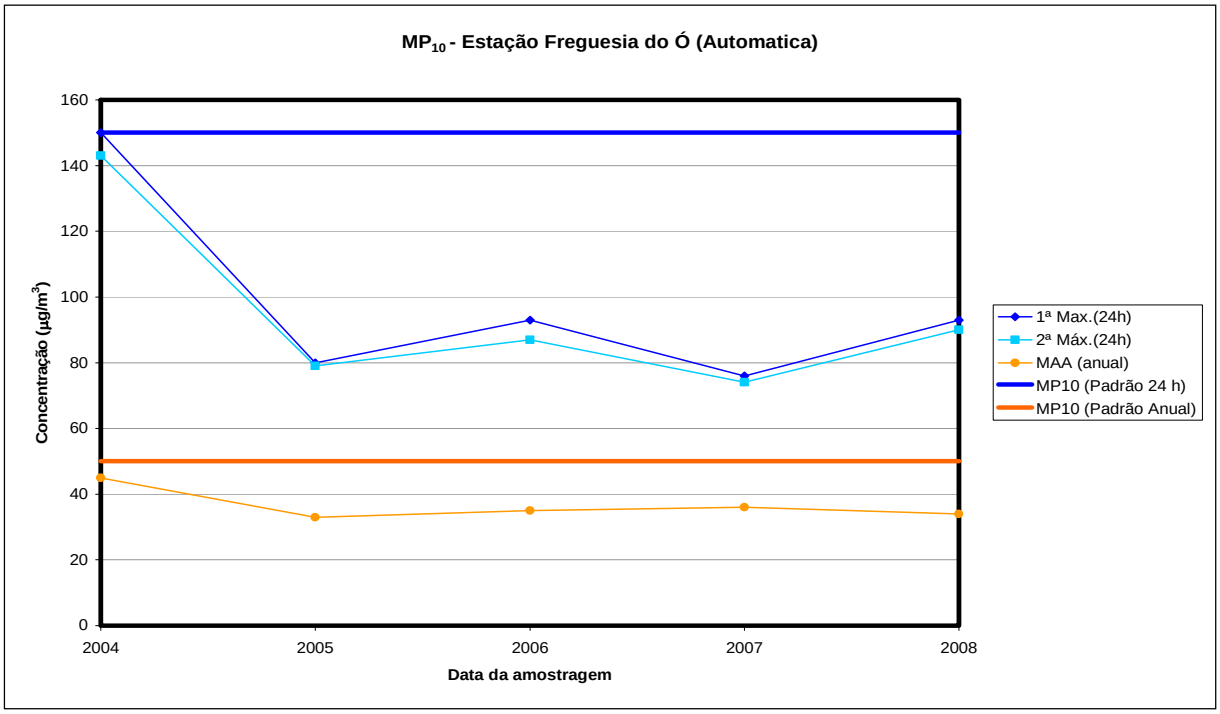
Evolução da Qualidade do Ar no período de 2004 a 2008

As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados nas Estações Nossa Senhora do Ó, Santana e Horto Florestal no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curto prazo (horárias ou diárias) e de médias anuais obtidos nas estações medidoras da rede de monitoramento da Cetesb.

ESTAÇÃO NOSSA SENHORA DO Ó (REDE AUTOMÁTICA):

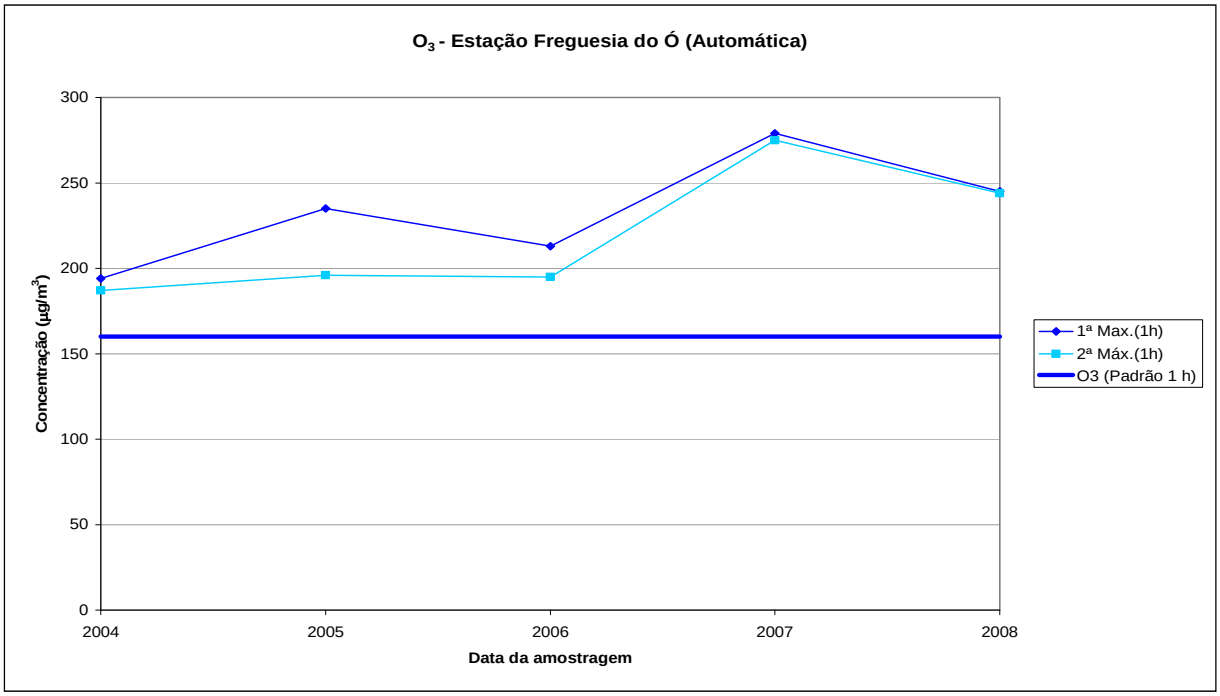
O **Gráfico 10.1.11.2.3-5** mostra os resultados verificados na Estação Nossa Senhora do Ó para Partículas Inaláveis (MP_{10}). Todos os resultados das concentrações máximas de curto prazo (24 h) no período de 2004 a 2008, com exceção da primeira máxima de 2004 (150 $\mu g/m^3$) estão abaixo do padrão primário e secundário de 150 $\mu g/m^3$ fixado para este poluente. Também as concentrações médias anuais se apresentam com valores abaixo do padrão anual (primário e secundário) de 50 $\mu g/m^3$. Vale ressaltar que os resultados de 2005, principalmente a media anual deverá ser considerada com ressalvas por não ter atingido a representatividade anual, com apenas 173 amostras no ano.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-5: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Nossa Senhora do Ó no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Também na Estação Nossa Senhora do Ó é realizado o monitoramento contínuo de Ozônio (O_3), cuja evolução dos resultados é mostrado no **Gráfico 10.1.11.2.3-6**. Pode-se verificar uma tendência de aumento das concentrações de 2004 a 2008, com todas as primeiras máximas de 1 h de 2004 a 2008 (194, 235, 213, 279 e 245 µg/m^3) e também as segundas máximas do período (187, 196, 195, 275 e 244 µg/m^3) encontram acima do limite de 160 µg/m^3 para exposição horária. Vale ressaltar que 2004 não atendeu o critério de representatividade de amostras no ano.

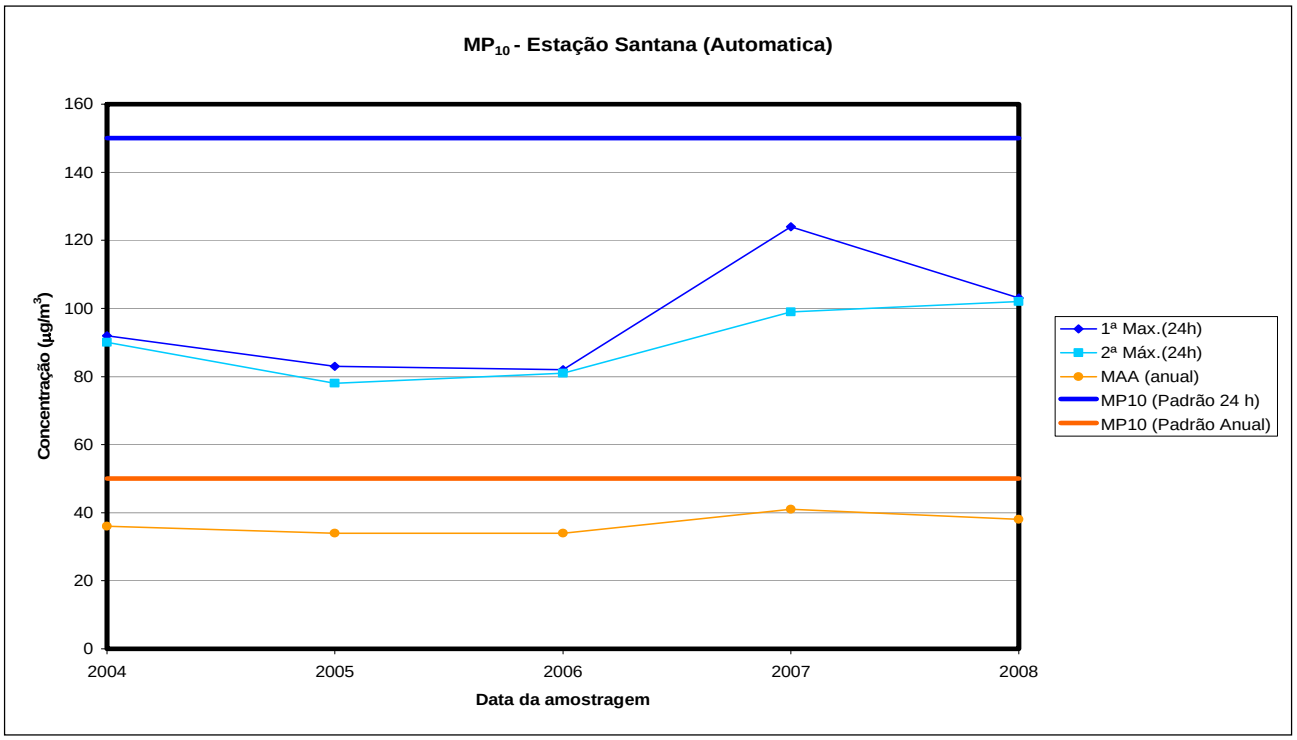
GRÁFICO 10.1.11.2.3-6: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Nossa Senhora do Ó no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO SANTANA (REDE AUTOMÁTICA):

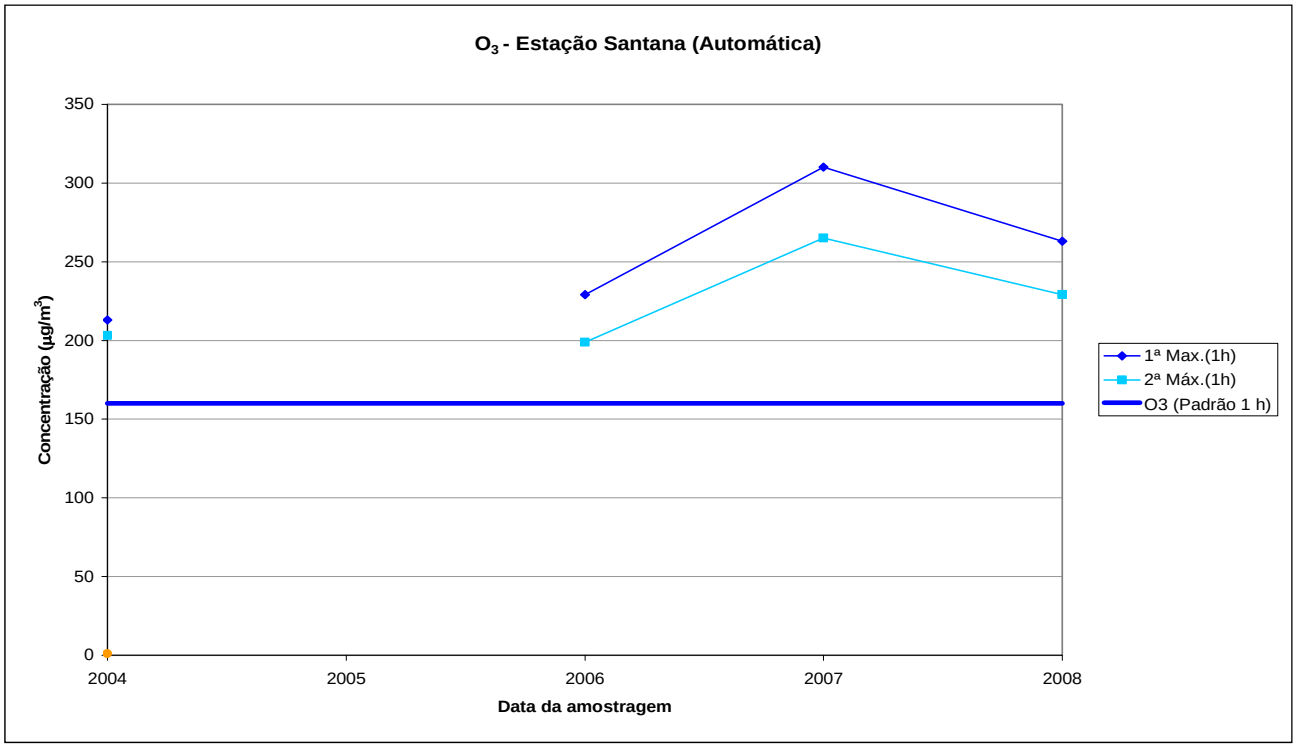
A Estação Santana também realiza de forma rotineira o monitoramento de Partículas Inaláveis (MP_{10}). O **Gráfico 10.1.11.2.3-7** mostra os resultados verificados no período de 2004 a 2008, com leve tendência de aumento nos dois últimos anos do período. Todos os resultados das concentrações máximas diárias (variando de 82 a 124 $\mu g/m^3$) no período considerado estão enquadrados no padrão primário e secundário de 150 $\mu g/m^3$ fixado para este poluente. Também as concentrações médias anuais (variando de 34 a 41 $\mu g/m^3$) se apresentam com valores abaixo do padrão anual (primário e secundário) de 50 $\mu g/m^3$. Vale ressaltar que 2007, com 217 resultados, não atendeu o critério de representatividade anual de amostras.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-7: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Santana no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Também na Estação Santana é realizado o monitoramento contínuo de Ozônio (O_3), cuja evolução dos resultados é mostrada no **Gráfico 10.1.11.2.3-8**. Em 2005 não houve geração de dados deste poluente nesta estação, contudo pode-se verificar que todas as primeiras máximas horárias de 2004, 2006, 2007 e 2008 (213, 229, 310 e 263 $\mu g/m^3$, respectivamente) e também as segundas máximas (203, 199, 265 e 229 $\mu g/m^3$, respectivamente) encontram acima do limite de 160 $\mu g/m^3$ para exposição horária. Vale ressaltar que 2006 (com 229 resultados) não atendeu o critério de representatividade anual de amostras.

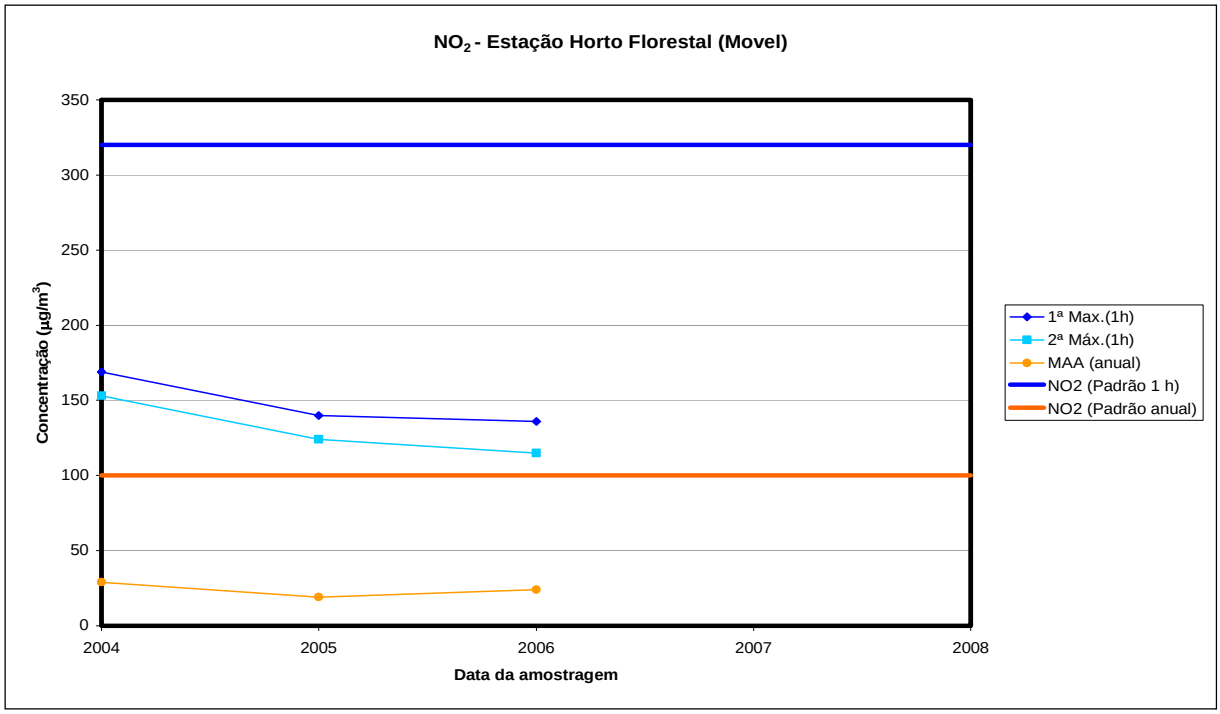
GRÁFICO 10.1.11.2.3-8: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Santana no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO HORTO FLORESTAL (MÓVEL)

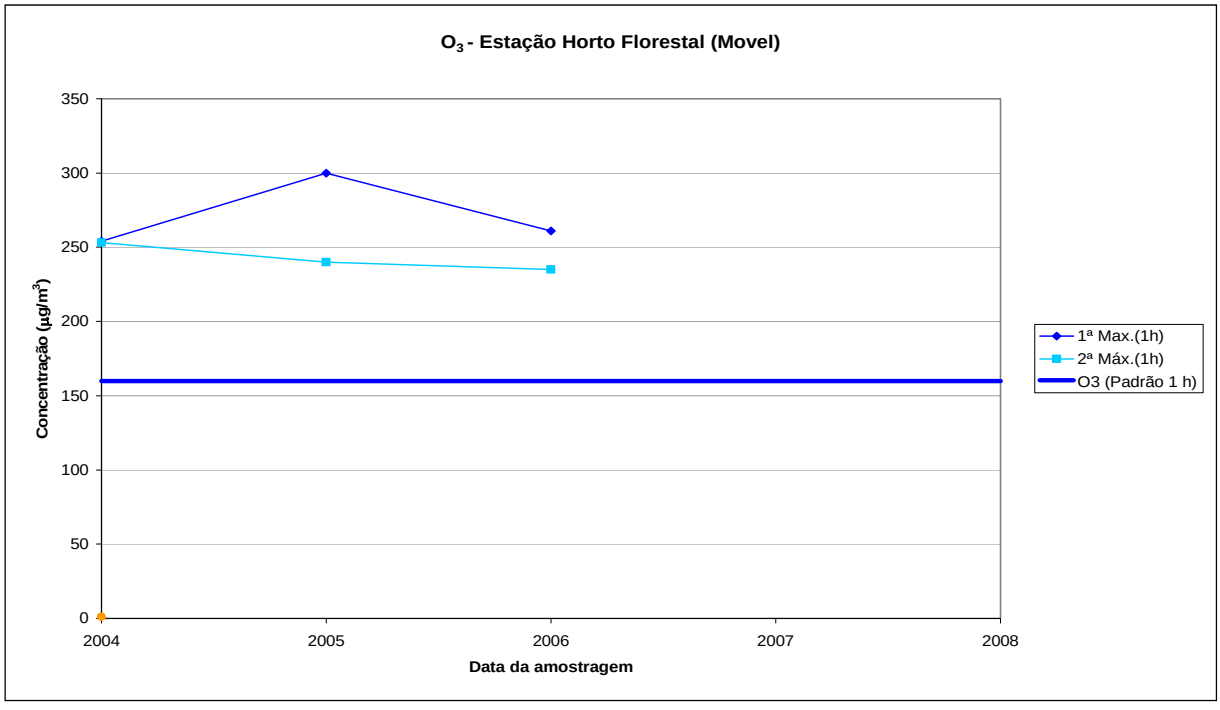
Na Estação Horto Florestal realizou até 2006 o monitoramento continuo de Dióxido de Nitrogênio (NO_2), com a evolução apresentada no **Gráfico 10.1.11.2.3-9**. Verifica-se que tanto os valores das concentrações máximas de 1 hora (as primeiras máximas variando de 136 a 169 $\mu g/m^3$ e as segundas variando de 115 a 153 $\mu g/m^3$), como as médias anuais (de 19 a 29 $\mu g/m^3$) se mantiveram abaixo dos limites fixados de 320 $\mu g/m^3$ para 1 hora e de 100 $\mu g/m^3$ para média anual. O monitoramento dos anos 2004 e 2006 não atingiram a representatividade anual de amostras.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-9: Evolução das concentrações de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) na Estação Horto Florestal no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Ainda na Estação Horto Florestal foi realizado até 2006 o monitoramento contínuo de Ozônio (O_3), cuja evolução dos resultados é mostrada no **Gráfico 10.1.11.2.3-10**. Apesar do curto período focado, pode-se verificar que todas as primeiras máximas de 1 h de 2004 a 2006 (254, 300 e 261 $\mu g/m^3$) e também as segundas máximas do período (253, 240 e 235 $\mu g/m^3$) encontram acima do limite de 160 $\mu g/m^3$ para exposição horária. Vale ressaltar que os anos de 2004 e 2006 não atenderam o critério de representatividade anual de amostras.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-10: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Horto Florestal no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

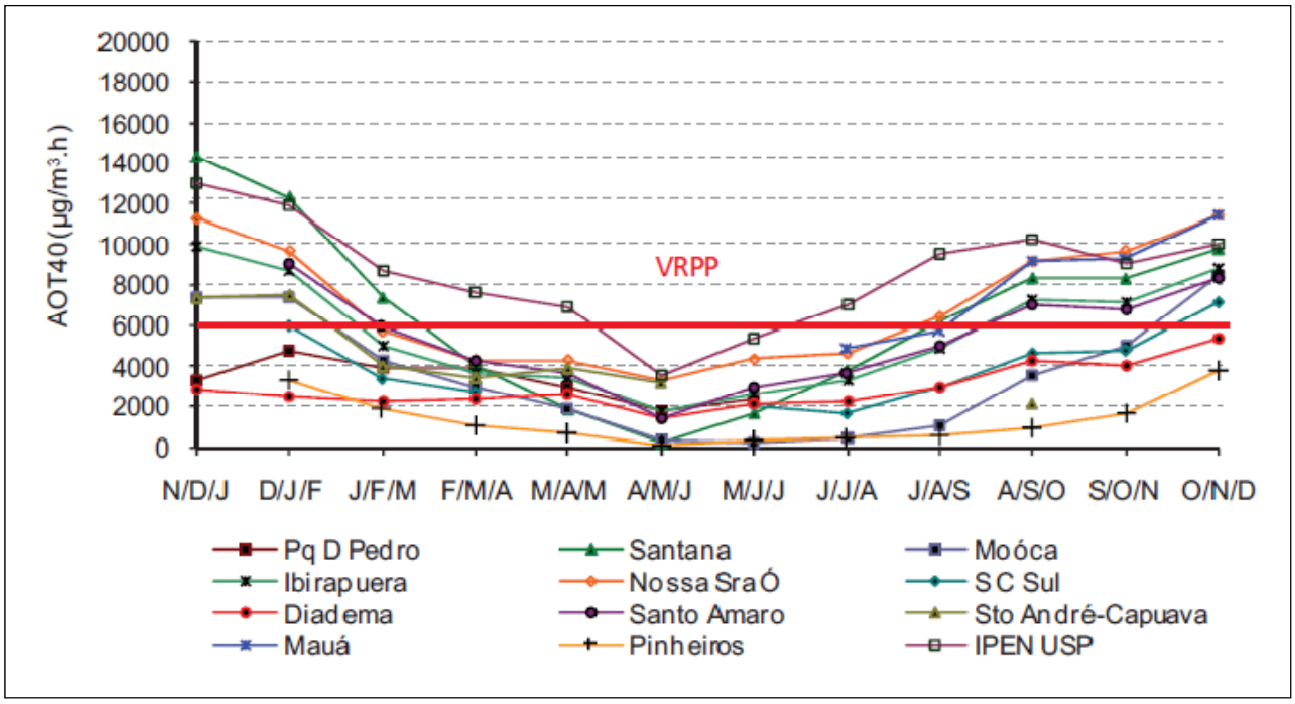


Resultados de AOT40 trimestral em comparação com Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP)

No Município de Caieiras não se realiza monitoramento de qualidade do ar, contudo considerando, como já anteriormente mencionado que parte das analises podem ser extrapoladas para o domínio da Região Metropolitana como um todo, é apresentado o **Gráfico 10.1.11.2.3-11** com os valores de AOT40 calculados trimestralmente para 2008 com base nos dados de Ozônio gerados por varias estações de monitoramento da RMSP, comparados com o Valor de Referência para Proteção da Produtividade (VRPP) de 6.000 $\mu g/m^3.h$.

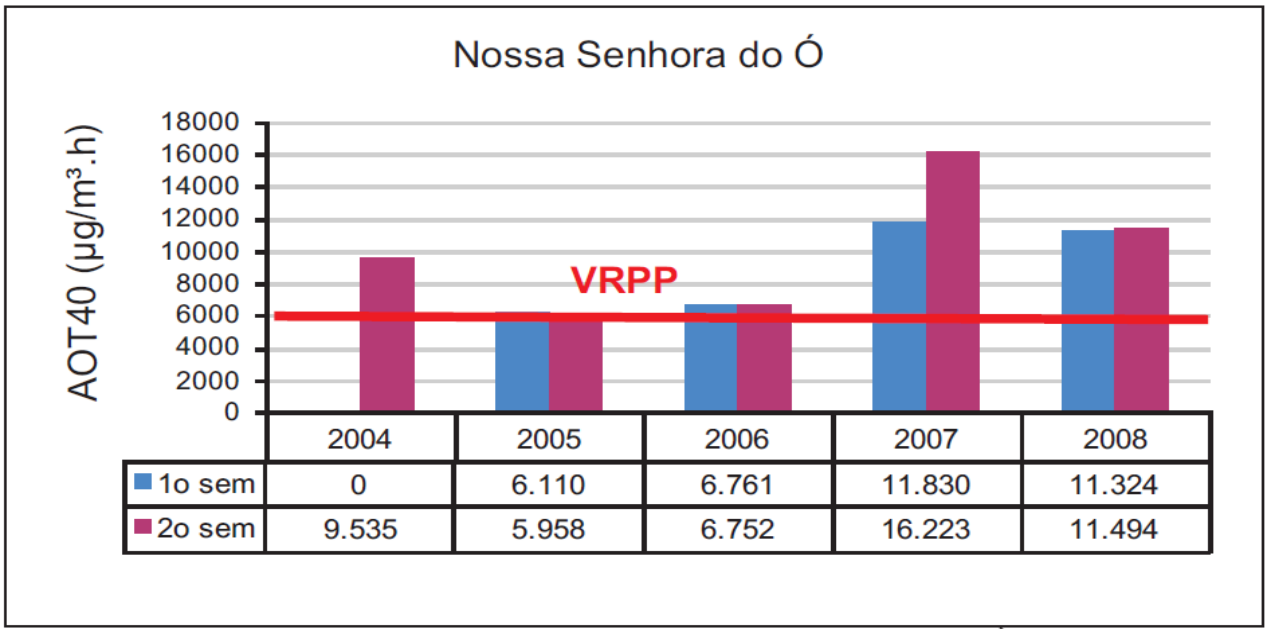
Algumas estações não possuem dados validados para todos os trimestres, sendo que as estações D. Pedro, Diadema e Pinheiros foram as únicas que não ultrapassaram o valor de VRPP em 2008. Segundo dados da Cetesb, o verão de 2008 apresentou valores trimestrais elevados, sendo os maiores registrados na Estação Santana (14.352 $\mu g/m^3.h$ no trimestre N/D/J e 12.368 $\mu g/m^3.h$ em D/J/F), seguido da Estação IPEN-USP com 11.932 $\mu g/m^3.h$ em N/D/J. Registre-se também que na primavera ocorreram ultrapassagens do valor de referencia na maioria das estações.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-11: Resultados de AOT40 trimestrais de 2008 nas estações de monitoramento de Ozônio da RMSP (Cetesb, 2009)



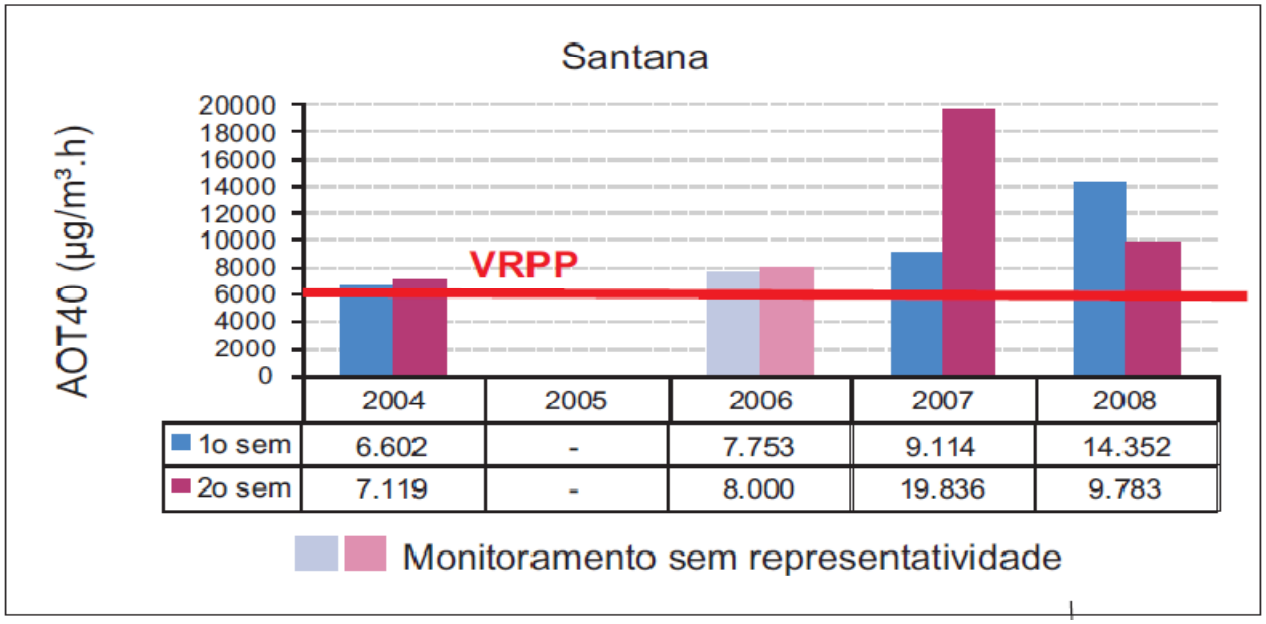
Nos **Gráficos 10.1.11.2.3-12** e **10.1.11.2.3-13** são mostrados as evoluções dos maiores valores de AOT40 trimestral em cada semestre no período de 2004 a 2008 nas Estações Nossa Senhora do Ó e Santana, os quais são as duas estações de monitoramento de qualidade do ar da Cetesb mais próximas de Caieiras. Os resultados das máximas de AOT40 da Estação Nossa Senhora do Ó mostradas no **Gráfico 10.1.11.2.3-12**, com exceção da máxima trimestral do 2º semestre de 2005, todos ultrapassaram o valor de referência VRPP de 6.000 $\mu g/m^3.h$. A mesma situação se verifica na Estação Santana apresentada no **Gráfico 10.1.11.2.3-13**, com todos os resultados das máximas trimestrais de cada semestre acima da referência VRRP de 6.000 $\mu g/m^3.h$. O valor de 19.836 $\mu g/m^3.h$. registrado no 2º semestre de 2007 é o maior valor já registrado na serie histórica do processo de monitoramento da Cetesb.

GRÁFICO 10.1.11.2.3-12: Evolução das máximas de AOT40 trimestral por semestre no período de 2004 - 2008 na Estação Nossa Senhora do Ó. (Fonte: Cetesb, 2009



	2004	2005	2006	2007	2008
1o sem	0	6.110	6.761	11.830	11.324
2o sem	9.535	5.958	6.752	16.223	11.494

GRÁFICO 10.1.11.2.3-13: Evolução das máximas de AOT40 trimestral por semestre no período de 2004 - 2008 na Estação Santana. (Fonte: Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
1o sem	6.602	-	7.753	9.114	14.352
2o sem	7.119	-	8.000	19.836	9.783

Níveis de Saturação da Qualidade do Ar no Município de Caieiras e Região

Na **Quadro 10.1.11.2.3-2** é apresentada a classificação de Caieiras e municípios limítrofes quanto ao grau de saturação da qualidade do ar, de acordo com o enquadramento constante da Resolução SMA 061/2009 em atendimento ao disposto no Decreto 52.469/07. Como se pode ver na citada tabela, o Município de Caieiras, pelo monitoramento realizado nos municípios vizinhos (Diadema, Jundiaí, São Caetano do Sul e São Paulo) com distancia menor que 30 km, é classificado como **Saturado Severo** pelos resultados das concentrações do poluente Ozônio.

Na mesma tabela pode-se verificar que o Município de São Paulo é classificado como **Saturado Moderado** por Material Particulado, **Não Saturado** por Dióxido de Enxofre, **Em Vias de Saturação** por Monóxido de Carbono e Dióxido de Nitrogênio e **Saturado Severo** por Ozônio.

Outros municípios vizinhos de Cajamar, Franco da Rocha, Mairiporã e Santana do Parnaíba, apesar de também não possuírem estações de monitoramento em seus territórios, estão todos enquadrados como **Saturados Severo** por Ozônio, principalmente pelo monitoramento deste poluente realizado nas estações da Capital.

QUADRO 10.1.11.2.3-2: Classificação do Município de Caieiras e municípios limítrofes no grau de saturação da qualidade do ar (Resolução SMA 061, 2009)

Município	Parâmetro					Município monitorado para O_3
	MP	SO_2	CO	NO_2	O_3	
Caieiras					SAT-SEV	Diadema, Jundiaí, São Caetano do Sul, São Paulo
São Paulo	SAT-MOD	NS	EVS	EVS	SAT-SEV	Diadema, Jundiaí, Mauá, Santo André, São Caetano do Sul, São Paulo
Cajamar					SAT-SEV	Jundiaí, São Paulo
Franco da Rocha					SAT-SEV	Jundiaí, São Paulo
Mairiporã					SAT-SEV	Diadema, Jundiaí, Santo Andre, São Caetano do Sul, São Paulo
Santana do Parnaíba					SAT-SEV	Jundiaí, São Caetano do Sul, São Paulo

Município em negrito: local da estação responsável pela pior classificação para Ozônio

MP – material particulado

SO_2 – dióxido de enxofre

CO – monóxido de carbono

NO_2 – dióxido de nitrogênio

O_3 – Ozônio

EVS – área em via de saturação

NS – área não saturada

SAT-SEV – área saturada severo

Conclusão

O Município de Caieiras apesar de não possuir estações de monitoramento da qualidade do ar, espera-se não apresentar problemas significativos de poluição do ar, a menos de eventuais problemas localizados em áreas restritas próximas de alguma fonte de emissão, contudo, em função dos resultados do monitoramento nas estações da Capital e outros municípios da GSP no ano de 2008, Caieiras e toda a região está enquadrada, segundo legislação vigente, como Saturada em nível Severo para o poluente secundário Ozônio.

10.1.11.2.4 Terminais Anhembi e Botucatu

Considerando que a Cetesb não mantém em operação estações de monitoramento de qualidade do ar nos municípios de Anhembi e Botucatu, para caracterização da qualidade do ar nestes municípios foram utilizados dados da estação mais próxima instalada no Município de Piracicaba, apesar deste ultimo integrar, com outros 56 municípios, a Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí, e os municípios de Anhembi e Botucatu integrarem a Ugrhi 10 – Sorocaba/Médio Tiete.

Características Gerais da Região dos Municípios de Anhembi e Botucatu

Os municípios de Anhembi e Botucatu estão localizados a oeste da Capital e suas áreas urbanas se localizam aproximadamente 50 e 80 km, respectivamente, do centro de Piracicaba, que é cidade mais próxima onde a Cetesb mantém estação de monitoramento da qualidade do ar.

O Município de Anhembi foi fundado pelos Bandeirantes, à margem esquerda do Rio Tietê, em meados do Século XIX, tendo adquirido sua emancipação política somente em 1948. Ocupa uma área de 736,46 km^2 com uma população de 5.375 habitantes (IBGE, 2008). È um município com nível de riqueza baixo, estando, segundo Seade, classificado como grupo 3 – município saudável de baixo desenvolvimento econômico. A sua economia é tipicamente rural, destacando-se a agropecuária e a pesca. Nas grandes propriedades há destaque para pecuária, reflorestamento com eucaliptos, cana de açúcar, laranja, milho e mandioca.

O Município de Botucatu está localizado cerca de 230 km da Capital, com emancipação político-administrativa datado de 1855, ocupa uma área de 1.486,4 km^2 com uma população de 121.255 habitantes, segundo publicado pelo IBGE em outubro de 2008. Botucatu apresenta economia bem desenvolvida, tendo recebido investimentos significativos nos setores industriais, comerciais e no agronegócio, sendo que a maior receita do município é a cota parte do ICMS, contando com quase 10.000 estabelecimentos, incluindo as indústrias, comercio, serviços e agronegócio.

Caracterização das fontes de emissões atmosféricas

O Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009) não apresenta dados do inventario de emissões atmosféricas relativas aos municípios de Anhembi e Botucatu.

O **Quadro 10.1.11.2.4-1** apresenta resumo do inventario de emissões atmosféricas de 2008 do Município de Piracicaba que conta com uma população de 368 mil habitantes, um parque industrial de mais de 1.000 estabelecimentos e uma frota de veículos de quase 200 mil veículos.

QUADRO 10.1.11.2.4-1: Estimativa de emissões atmosféricas gerados por fontes moveis e por fontes industriais e queima de combustíveis no Município de Piracicaba (Cetesb, 2009)

FONTE DE EMISSÃO		EMISSÃO (1000 t/ano)				
		CO	HC	NO_x	SO_x	MP
Moveis(1)	Tubos de escapamentos, carter, evaporativas e pneus	37,17	8,38	9,47	0,55	0,79
Fixas	Fontes estacionárias industriais e queima de combustíveis	0,06	<0,01	0,69	<0,01	0,71
TOTAL		37,23	8,38	10,16	0,55	1,50

(1)- Considerado o mesmo perfil de idade da frota da RMSP

Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar nas regiões dos municípios de Anhembi e Botucatu

Como já mencionado anteriormente, a Cetesb não mantém estação de monitoramento de qualidade do ar nos municípios de Anhembi e Botucatu e, portanto foram utilizados os dados de qualidade do ar gerados no Município de Piracicaba.

Em Piracicaba a Cetesb mantém e opera rotineiramente uma estação manual, integrante da Rede do Interior do Estado e outra da Rede Automática, os quais apresentam as seguintes características:

- Estação Piracicaba – Centro (Rede Manual) - instalada desde junho de 2006 à Rua Alferes José Caetano s/n – Centro (até agosto/2005 na Praça José Bonifácio e posteriormente até maio de 2006 na Praça Tibiriçá em frente ao Colégio Comunitário Boa Vista) medindo os seguintes parâmetros: Fumaça (FMC), com amostragens por um período de 24 horas a cada seis dias e Dióxido de Enxofre (SO_2), por amostragem passiva com exposição contínua durante 30 dias.

- Estação Piracicaba – Algodoal (Rede Manual) - instalada à Av. Francisco de Souza, 1098 – Bairro São Luiz, com medição de Partículas Inaláveis (MP_{10}) com medições a cada seis dias.

- Estação Piracicaba (Rede Automática) – instalada e operando desde 02/09/2008 à Av. Monsenhor Martinho Salgot, 560 – V. Areão, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos, Umidade Relativa e Temperatura).

Qualidade do Ar em 2008 nos municípios de Anhembi e Botucatu (Monitoramento em Piracicaba)

A caracterização da qualidade do ar verificado em 2008 foi realizada segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009). Conforme já mencionado, para a caracterização da qualidade do ar nos municípios de Anhembi e Botucatu foram utilizados dados de monitoramento das estações instaladas e operadas pela Cetesb em Piracicaba. Os **Quadros 10.1.11.2.4-2** e **10.1.11.2.4-3** apresentam os resumos dos resultados verificados na Estação Piracicaba e na Estação Piracicaba – Algodoal e o **Quadro 10.1.11.2.4-4** mostra o resumo dos dados da Estação Piracicaba – Centro (Manual). A estação automática Piracicaba iniciou sua operação em 02/09/2008 e, portanto seus resultados não atingiram o critério de representatividade anual quanto ao numero de amostras analisadas em 2008. Os valores encontrados mostram o seguinte quadro:

- Partículas Inaláveis (MP_{10}): Na Estação Piracicaba foram registradas as concentrações máximas diárias de 101 e 99 $\mu g/m^3$ e a média anual de 34 $\mu g/m^3$, as quais se apresentam abaixo dos padrões primário e secundário fixados para este poluente (150 $\mu g/m^3$ para 24 h e 50 $\mu g/m^3$ como media anual). A Estação Piracicaba – Algodoal registrou em 2008, a primeira máxima de 24 h de 156 $\mu g/m^3$ que ultrapassou o padrão diário e a segunda máxima diária de 145 $\mu g/m^3$, bem como a media anual de 46 $\mu g/m^3$, que ficaram abaixo dos respectivos limites.

- Dióxido de Nitrogênio (NO_2): Na Estação Piracicaba foram registradas para 2008 concentrações máximas de 1 h de 91 e 89 $\mu g/m^3$ e média anual de 23 $\mu g/m^3$, valores estes que também se encontram abaixo dos respectivos padrões primários de 320 $\mu g/m^3$ (24 h) e de 100 $\mu g/m^3$ (média anual), e até mesmo dos padrões secundários de 190 $\mu g/m^3$ (24 h) e de 100 $\mu g/m^3$ (média anual).

- Ozônio (O_3): A Estação Piracicaba registrou concentrações máximas de 1 h de 192 e 190 $\mu g/m^3$, valores estes que superam o padrão primário e secundário horário de 160 $\mu g/m^3$, apesar da pequena quantidade de 105 amostras analisadas em 2008.

- Fumaça (FMC): Na Estação Piracicaba – Centro foram realizadas medições diárias a cada seis dias, obtendo-se concentrações máximas de 66 e 62 μg/m³ e média anual de 18 μg/m³, valores estes que se encontram abaixo dos respectivos valores de padrões primários de 150 μg/m³ (24 h) e de 50 μg/m³ (média anual), e até mesmo dos padrões secundários de 100 μg/m³ (24 h) e de 50 μg/m³ (média anual).

- Dióxido de Enxofre (SO_2) passivo: Na Estação Piracicaba – Centro foram realizadas medições com amostragem passiva para SO_2 obtendo-se resultados muito baixos, como as médias máximas mensais de 6 e 3 μg/m³ e média anual de 3 μg/m³, em comparação com o valor de padrão primário de média anual de 80 μg/m³ e mesmo com o padrão secundário anual de 40 μg/m³.

QUADRO 10.1.11.2.4-2: Resultados do monitoramento das estações de Qualidade do Ar em Piracicaba no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Partículas Inaláveis (MP_{10}) (μg/m³)					Dióxido de Nitrogênio (NO_2) (μg/m³)				
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	1 h	MAA[1]
Piracicaba (Automática)	101*	99*	34*	150 (150)	50 (50)	91*	89*	23*	320 (190)	100 (100)
Piracicaba – Algodoal (Manual)	156	145	46							

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano. Inicio de operação em 02/09/2008.

QUADRO 10.1.11.2.4-3: Resultados do monitoramento com estação automática de Qualidade do Ar em Piracicaba no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE							
	Monóxido de Nitrogênio (NO) (μg/m³)					Ozônio (O_3) (μg/m³)		
	Máximas 1 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar
	1ª	2ª	MAA[1]	1 h	MAA[1]	1ª	2ª	1 h[2]
Piracicaba (Automática)	87	70	5*	-	-	192*	190*	160 (160)

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano. Inicio de operação em 02/09/2008.

QUADRO 10.1.11.2.4-4: Resultados do monitoramento com estação manual de Qualidade do Ar em Piracicaba no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Fumaça (FMC) ($\mu g/m^3$)					Dióxido de Enxofre (SO_2) – passivo ($\mu g/m^3$)				
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas médias mensais		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]
Piracicaba- Centro (Manual)	66	62	18	150 (100)	60 (40)	6	3	3	365 (100)	80 (40)

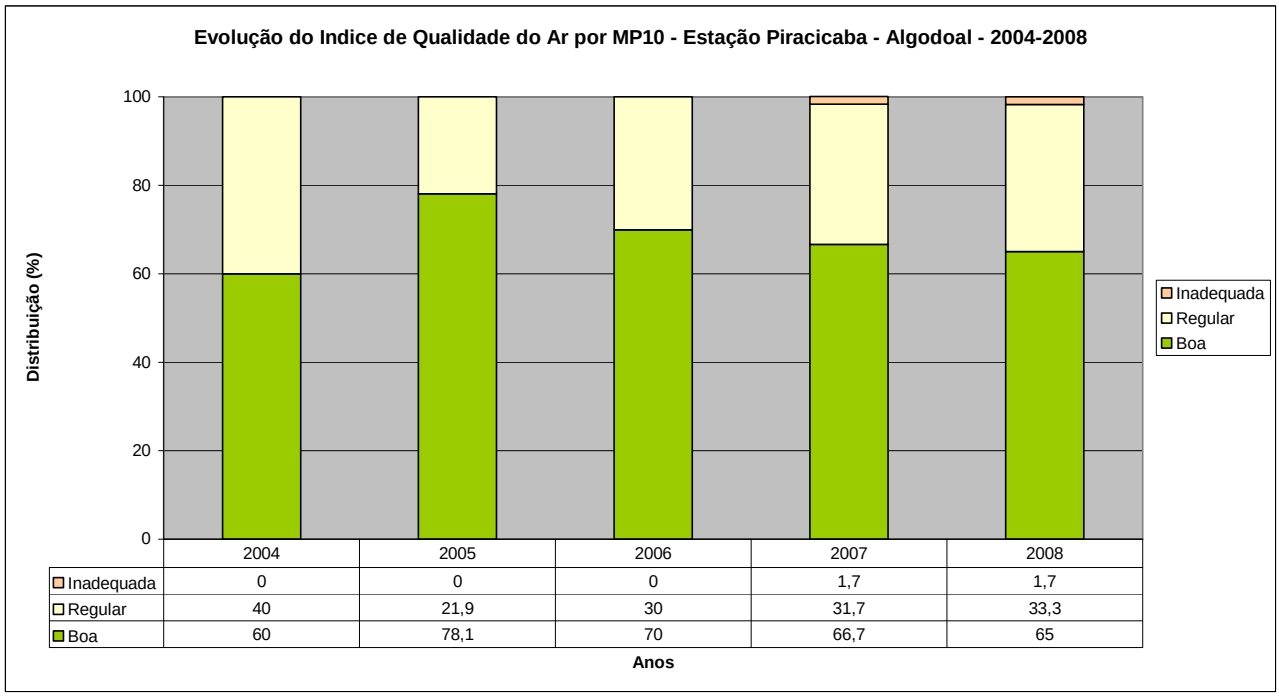
1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

Índices de Qualidade do Ar registrados em 2008

No **Gráfico 10.1.11.2.4-1** é apresentado a distribuição do índice de qualidade do ar na Estação Piracicaba – Algodoal para Partículas Inaláveis (MP_{10}) monitorados no período de 2004 a 2008. Pode-se verificar uma ligeira tendência de queda da qualidade do ar para este poluente desde 2005 até 2008, com diminuição da qualidade Boa e aumento da Regular, havendo ainda registro do índice de qualidade Inadequada em 2007 e 2008, consequência das ultrapassagens ao padrão para este poluente. Em 2005 o monitoramento não atendeu o critério de representatividade anual.

GRÁFICO 10.1.11.2.4-1: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por MP_{10} na Estação Piracicaba – Algodoal no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Evolução da Qualidade do Ar no período de 2004 a 2008

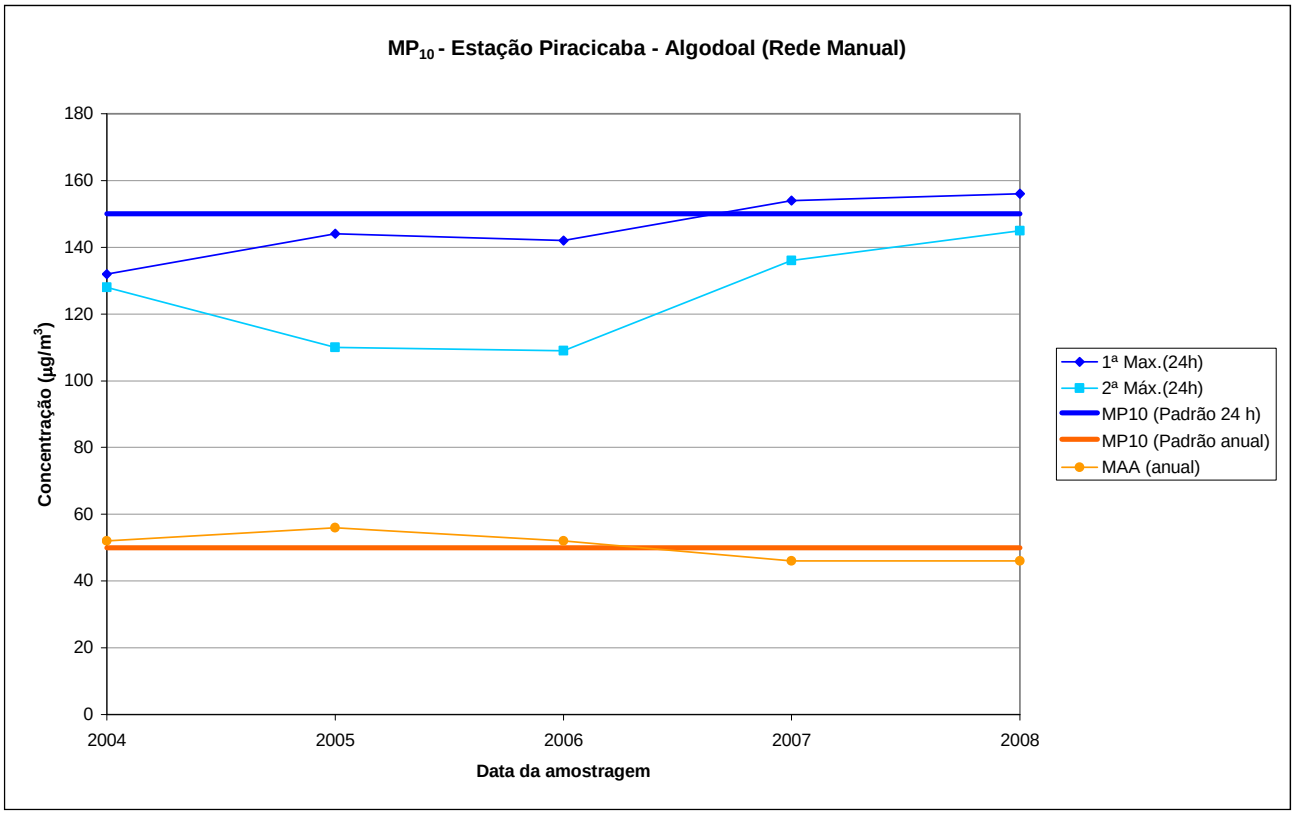
As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados em Piracicaba no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curto prazo (horárias ou diárias) e de médias anuais obtidos nas estações medidoras da rede de monitoramento da Cetesb e divulgados anualmente como Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.

ESTAÇÃO PIRACICABA – ALGODOAL (REDE MANUAL)

O **Gráfico 10.1.11.2.4-2** mostra os resultados verificados na Estação Piracicaba – Algodoal, para Partículas Inaláveis (MP_{10}). Os resultados das primeiras máximas concentrações de 24 h de 2004, 2005 e 2006, apresentaram valores (132, 144 e 142 $\mu g/m^3$) abaixo, mas próximos do padrão de 150 $\mu g/m^3$, tendo os valores de 2007 e 2008 (154 e 156 $\mu g/m^3$, respectivamente), ultrapassados o citado padrão.

Todos os resultados das segundas máximas concentrações de 24 h encontram abaixo do padrão, mostrando uma tendência de aumento. Em contrapartida, as concentrações das médias anuais de 52, 56 e 52 $\mu g/m^3$ referentes aos anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente, que se apresentavam acima do padrão anual de 50 $\mu g/m^3$, ficaram ligeiramente abaixo deste limite nos anos de 2007 e 2008.

GRÁFICO 10.1.11.2.4-2: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Piracicaba – Algodoal no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO PIRACICABA – CENTRO (REDE MANUAL)

O **Gráfico 10.1.11.2.4-3** mostra os resultados verificados na Estação Piracicaba – Centro, para monitoramento de Fumaça (FMC). Os resultados das primeiras e segundas máximas concentrações de 24 h no período de 2004 a 2008 variaram de 47 a 66 $\mu g/m^3$ muito abaixo do padrão de 150 $\mu g/m^3$. Da mesma forma, as concentrações médias anuais que variaram de 16 a 20 $\mu g/m^3$ estão abaixo do limite anual de 60 $\mu g/m^3$.

Ainda nesta estação é realizado o monitoramento passivo de Dióxido de Enxofre (SO_2), tendo sido obtidos resultados muito baixos, conforme mostra o **Gráfico 10.1.11.2.4-4** com as primeiras e segundas máximas médias mensais variando de 3 a 6 $\mu g/m^3$ e medias anuais com concentração de 3 $\mu g/m^3$, quando comparadas com o padrão de 24 h de 365 $\mu g/m^3$ e media anual de 80 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.4-3: Evolução das concentrações de Fumaça (FMC) na Estação Piracicaba – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

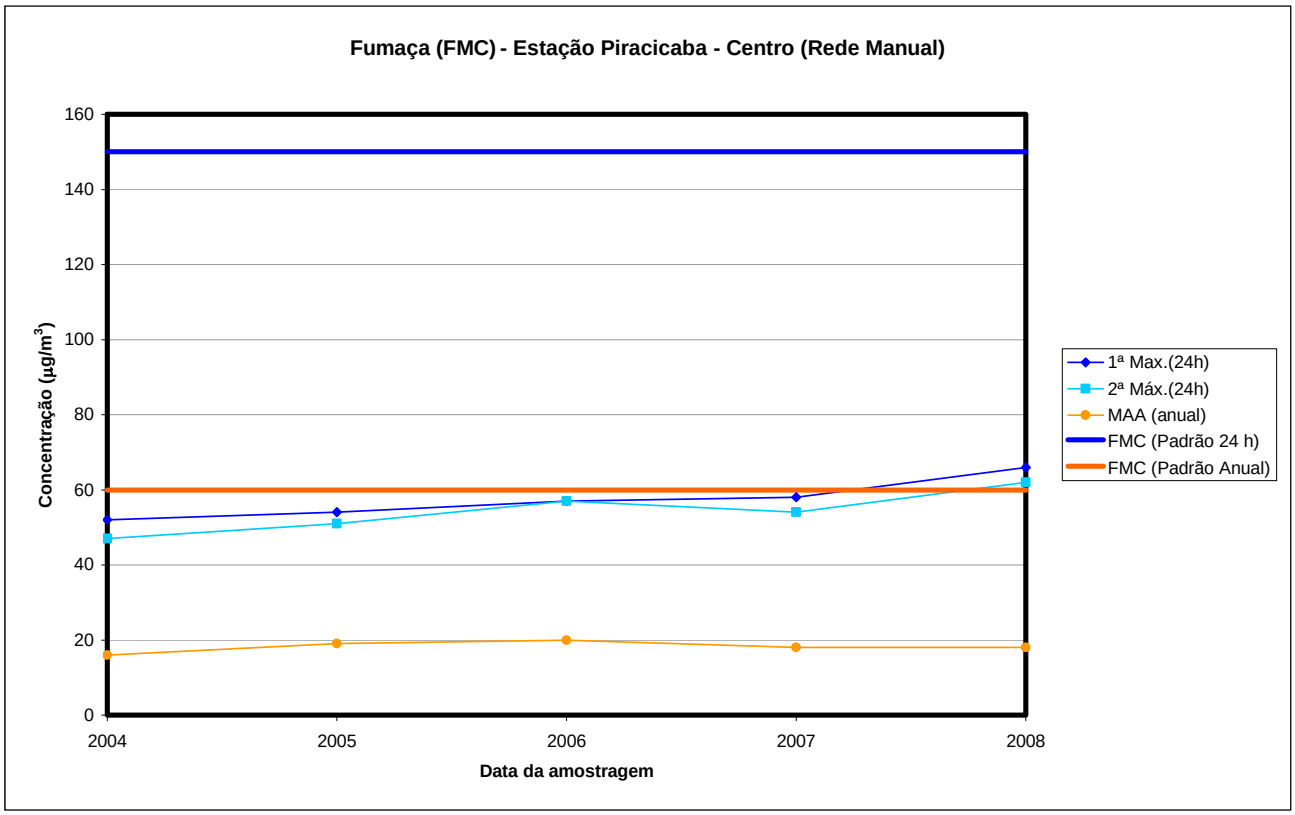
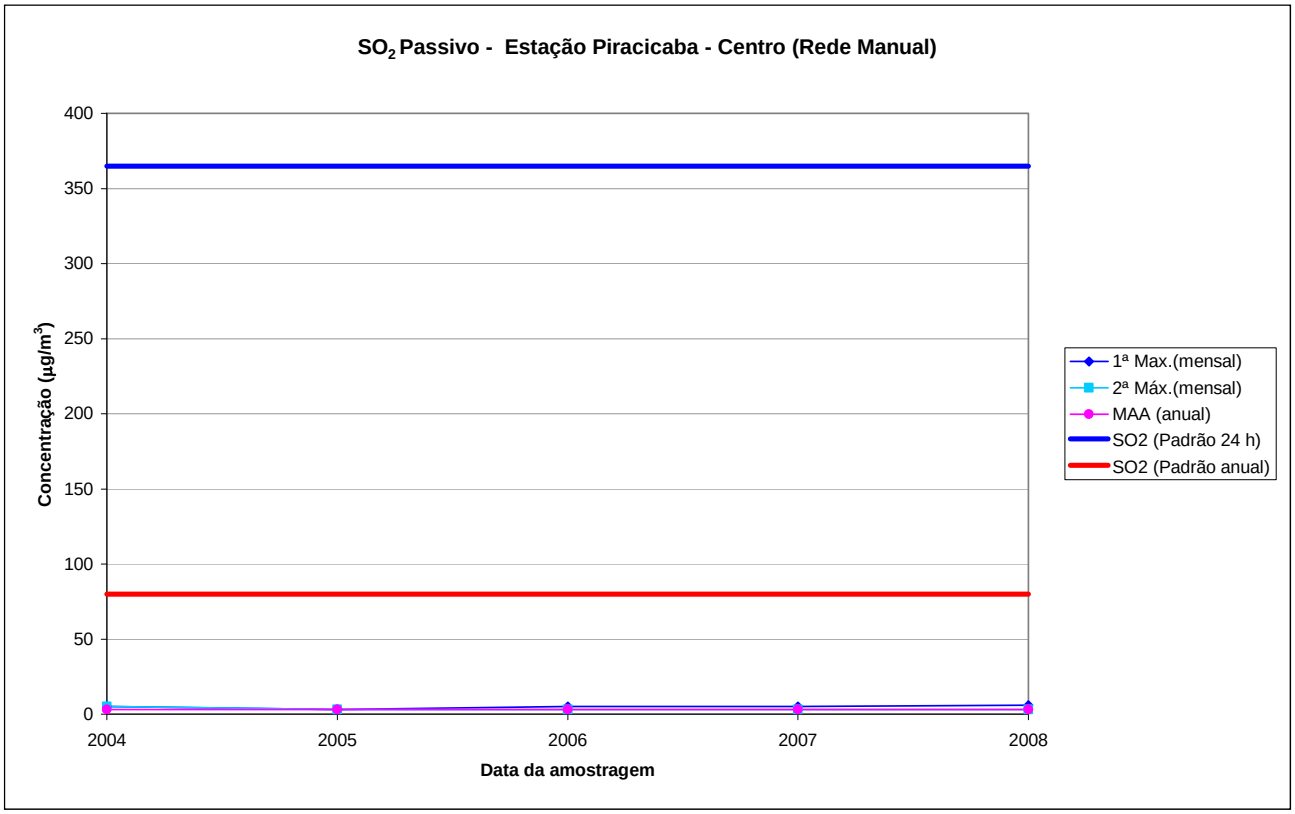


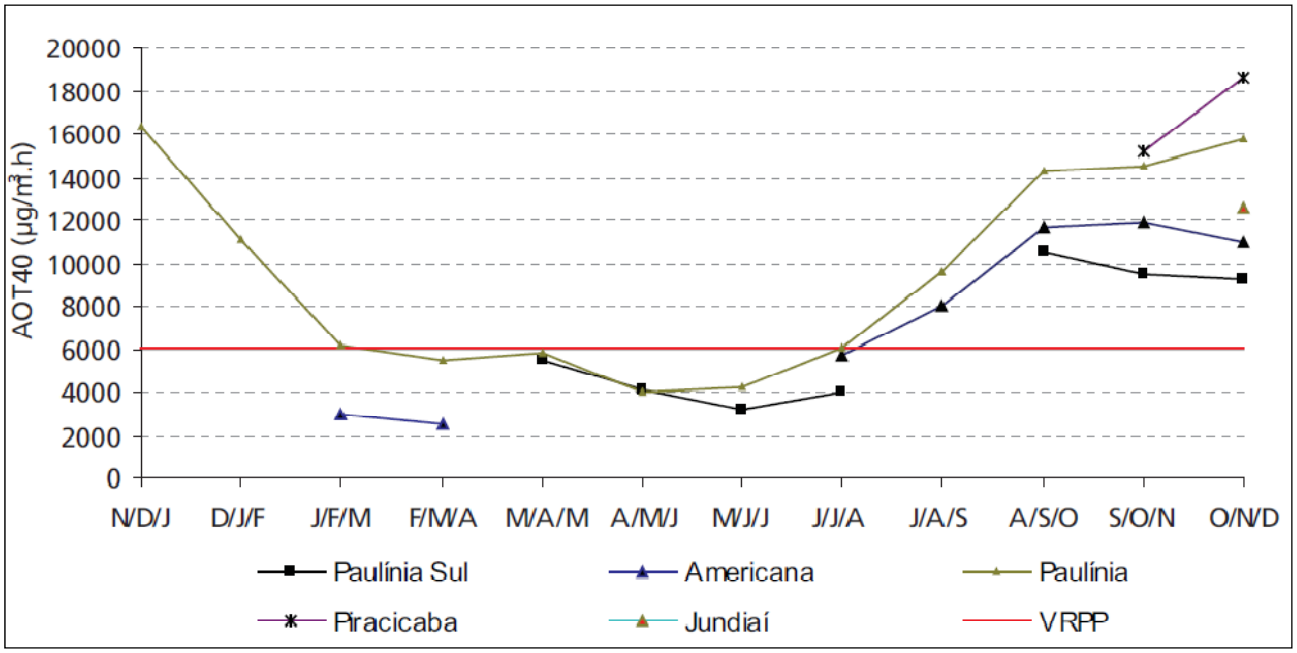
GRÁFICO 10.1.11.2.4-4: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Piracicaba – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Resultados de AOT40 trimestral em comparação com Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP)

O **Gráfico 10.1.11.2.4-5** apresenta os valores de AOT40 calculados trimestralmente para 2008 com base nos dados de Ozônio gerados pela estação de monitoramento operada em Piracicaba e demais estações de monitoramento integrantes da região URGHI 5, comparados com o Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP) de 6.000 µg/m^3.h. A Estação Piracicaba iniciou o monitoramento de Ozônio (O_3) em 02/09/2008 e portanto tem apenas dois resultados trimestrais, cujos valores são os maiores de 2008, atingindo o máximo de 18.636 µg/m^3.h (superiores a 3 vezes o VRPP).

GRÁFICO 10.1.11.2.4-5: Resultados de AOT40 trimestrais de 2008 na estação de monitoramento de Piracicaba e demais estações da região URGHI 5 (Cetesb, 2009)



Níveis de saturação da Qualidade do Ar da região

No **Quadro 10.1.11.2.4-5** é apresentada a classificação dos municípios de interesse no quanto ao grau de saturação da qualidade do ar, de acordo com o enquadramento constante da Resolução SMA 061/2009 em atendimento ao disposto no Decreto 52.469/07. Como se pode ver na tabela, o Município de Piracicaba é classificado como Em Via de Saturação por Material Particulado, Não Saturado por Dióxido de Enxofre e como Saturado-Moderado por Ozônio.

Em função dos resultados do monitoramento de Ozônio em Piracicaba, os municípios vizinhos tais como Laranjal Paulista, Águas de São Pedro e São Pedro estão classificados como Saturado-Moderado por Ozônio. Por outro lado, os municípios de São Manuel e Dois Córregos, limítrofes de Botucatu estão enquadrados como Saturado-Moderado por Ozônio em função do monitoramento realizado no Município de Jaú.

QUADRO 10.1.11.2.4-5: Classificação dos municípios de Anhembi e Botucatu e outros municípios vizinhos no grau de saturação da qualidade do ar (Resolução SMA 061, 2009)

Municipio	Parâmetro					Município monitorado para O_3
	MP	SO_2	CO	NO_2	O_3	
Piracicaba	EVS	NS			SAT-MOD	Americana, Piracicaba
Anhembi						
Botucatu						
Laranjal Paulista					SAT-MOD	Piracicaba
Conchas						
São Pedro					SAT-MOD	Piracicaba
Águas de São Pedro					SAT-MOD	Piracicaba
São Manuel					EVS	Jau
Dois Corregos					EVS	Jau
Santa Maria da Serra						

Município em negrito: local da estação responsável pela pior classificação para Ozônio

MP – material particulado
SO_2 – dióxido de enxofre
CO – monóxido de carbono
NO_2 – dióxido de nitrogênio
O_3 – Ozônio

EVS – área em via de saturação
NS – área não saturada
SAT-MOD – área saturada moderado

Conclusão

Em 2008 ocorreram ultrapassagens aos padrões de qualidade do ar na Estação Piracicaba – Algodoal (Rede Manual) por Partículas Inaláveis e na Estação Piracicaba (Rede Automática) por Ozônio, enquadrando o município como Em Vias de Saturação por Material Particulado e como Saturado-Moderado por Ozônio. Esta ultima classificação também se estendeu a outros municípios vizinhos (Laranjal Paulista, São Pedro e Águas de São Pedro), não incluindo, contudo, Anhembi e Botucatu.

10.1.11.2.5 Terminais Santa Bárbara e Paulínia

Considerando que a Cetesb não mantém em operação estação de monitoramento de qualidade do ar no Município de Santa Bárbara d'Oeste, para caracterização da qualidade do ar neste município e em Paulínia, foram utilizados dados das estações de Americana e Paulínia.

Características Gerais da Região dos Municípios de Santa Bárbara-d'Oeste e Paulínia

O Município de Santa Bárbara d'Oeste foi fundado em 1818 e ocupa uma área de 271 km^2 com uma população de 187.908 habitantes, segundo publicado pelo IBGE em agosto de 2008. Sua economia atualmente é diversificada, deixando para trás a vocação essencialmente agrícola com a implantação de novos empreendimentos industriais acompanhados de incrementos de atividades comerciais e de serviços. Durante muito tempo a cana de açúcar foi o principal produto, sendo ainda hoje sua maior referencia agrícola. Em face da pequena distancia que separa do Município de Americana e em função do desenvolvimento ocorrido com acelerado crescimento, atualmente estes dois municípios encontram-se totalmente conurbados, formando um único núcleo urbano.

O Município de Paulínia está localizado a cerca de 118 km da Capital, com emancipação político-administrativa datado de 1964 e uma população estimada em 2000 de 51.242 habitantes. A região de Campinas, na qual se inclui Paulínia, é geradora de cerca de 9% do Produto Interno Bruto Nacional, sendo que a nível estadual, este valor representa 18%, constituindo-se na terceira maior região industrial do País, ultrapassada apenas pela Grande São Paulo e pelo Estado do Rio de Janeiro. Atualmente, o Município de Paulínia conta com 107 estabelecimentos indústrias e 580 comerciais.

Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia, com outros 17 municípios integram a chamada Região Metropolitana de Campinas, região esta inserida na Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que conta com um total de 57 municípios.

Caracterização das fontes de emissões atmosféricas

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) inclui municípios com alto grau de desenvolvimento industrial e de serviços, bem como uma frota de veículos que contribui de forma significativa nas emissões da região. Merecem destaques a cidade de Campinas, considerada sede da RMC, com uma população superior a um milhão de habitantes e o Município de Paulínia pelo seu grande parque industrial.

O **Quadro 10.1.11.2.5-1** apresenta um resumo do inventário de emissões de 2008 dos vários poluentes, conforme dados da Cetesb. Para este inventário, foram consideradas as emissões geradas em 23 municípios da região, a saber: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Estiva Gerbi, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Limeira, Mogi-Guaçu, Mogi Mirim, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antonio da Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

QUADRO 10.1.11.2.5-1: Estimativa de emissões atmosféricas gerados por fontes moveis e pelas fontes de queima de combustíveis na Região Metropolitana de Campinas (Cetesb, 2009)

FONTE DE EMISSÃO		EMISSÃO (1000 t/ano)				
		CO	HC	NO_x	SO_x	MP
Moveis(1)	Tubos de escapamentos, carter, evaporativas e pneus	291,86	67,78	66,68	1,49	5,82
Fixas	Fontes estacionárias de queima de combustíveis	2,65	6,40	10,34	14,44	3,69
TOTAL		294,51	74,18	77,02	15,93	9,51

(1) Considerado o mesmo perfil de idade da frota da RMSP

Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar nas Regiões dos Municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia

Como já mencionado anteriormente, a Cetesb não mantém estação de monitoramento de qualidade do ar em Santa Bárbara d'Oeste e para a caracterização da qualidade do ar desta região foram utilizados os dados de qualidade do ar gerados nas estações de Americana e Paulínia.

Em Americana, a Cetesb mantém e opera rotineiramente uma estação manual, integrante da Rede do Interior do Estado e outra da Rede Automática, os quais apresentam as seguintes configurações:

- Estação Americana – Centro (Rede Manual) - instalada à Praça Comendador Muller, s/n – Centro, medindo os seguintes parâmetros: Fumaça (FMC), com amostragens por um período de 24 horas a cada seis dias e Dióxido de Enxofre (SO_2), por amostragem passiva com exposição por um período contínuo de 30 dias.

- Estação Americana (Rede Automática) – instalada e operando desde 01/01/2007 à Rua Suécia, 465 – V. Santa Maria, medindo os seguintes parâmetros: Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos, Umidade Relativa e Temperatura).

Em Paulínia, a Cetesb mantém e opera, rotineiramente, duas estações da Rede Automática, as quais apresentam as seguintes configurações:

- Estação Paulínia (Rede Automática) – instalada à Praça Oadil Pietrobom, s/n V. Bressani, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2), Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos, Umidade Relativa, Temperatura, Pressão Atmosférica e Radiação).

- Estação Paulínia - Sul (Rede Automática) – instalada e operando desde 04/03/2008 à Rua Ângelo Pigatto Ferro, s/n – Bairro Santa Terezinha, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos e Radiação).

- Pontos de medições de Dióxido de Enxofre (SO_2) por amostragem passiva com exposição de 30 dias nos locais:

  - Paulínia – Centro: Praça 28 de fevereiro, s/nº – Centro;
  - Paulínia – Bairro Cascata: Av. Paris, 3218 – Bairro Cascata;
  - Paulínia – Santa Terezinha: Rua Ângelo Pigatto Ferro, s/nº – Bairro de Santa Terezinha.

Qualidade do ar em 2008 nos Municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia (Monitoramento em Americana e Paulínia)

A caracterização da qualidade do ar verificado em 2008 nas regiões de interesse foi realizada segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009).

Conforme já mencionado, para a caracterização da qualidade do ar verificados em 2008 relativos aos terminais a serem implantados nos municípios de Santa Bárbara d'Oeste e Paulínia, foram utilizados dados de monitoramento das estações instaladas e operadas pela Cetesb em Americana e Paulínia.

Os **Quadros 10.1.11.2.5-2** e **10.1.11.2.5-3** apresentam os resumos dos resultados verificados nas estações, automática e manual, instaladas em Americana. A estação automática de Americana iniciou sua operação em 01/01/2007 com amostragem de Ozônio (O_3) e posteriormente, em 25/08/2008 com medições do parâmetro Enxofre Reduzido Total (ERT). Os valores encontrados mostram os seguintes resultados:

- Fumaça (FMC): Na Estação Americana – Centro foram realizadas medições diárias a cada seis dias, obtendo-se concentrações máximas de 39 e 38 μg/m³ e média anual de 14 μg/m³, valores estes que se encontram abaixo dos respectivos valores de padrões primários de 150 μg/m³ (24 h) e de 60 μg/m³ (média anual), e até mesmo dos padrões secundários de 100 μg/m³ (24 h) e de 40 μg/m³ (média anual).

- Dióxido de Enxofre (SO_2) passivo: Na Estação Americana – Centro com amostragem passiva para SO_2 foram obtidos resultados muito baixos, como as médias máximas mensais de 6 μg/m³ e média anual de 4 μg/m³, em comparação com o valor de padrão primário de média anual de 80 μg/m³ e mesmo com o padrão secundário de 40 μg/m³.

- Ozônio (O_3): A Estação Americana registrou concentrações máximas de 1 h de 199 e 173 μg/m³ valores estes que superam o padrão primário e secundário horário de 160 μg/m³.

  Enxofre Reduzido Total (ERT): Na Estação Americana foram realizadas medições horárias de ERT, obtendo-se concentrações máximas de 702 e 394 ppb. Não existe a nível nacional limite de emissão fixado para este poluente.

QUADRO 10.1.11.2.5-2: Resultados do monitoramento de Qualidade do Ar em Americana no ano de 2008 (Fonte de dados: Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Fumaça (FMC) (μg/m³)					Dióxido de Enxofre (SO_2) – passivo (μg/m³)				
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas médias mensais		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]
Americana-Centro (Manual)	39	38	14	150 (100)	60 (40)	6	6	4	365 (100)	80 (40)
Americana (Automática)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

QUADRO 10.1.11.2.5-3: Resultados do monitoramento de Qualidade do Ar em Americana no ano de 2008 (Fonte de dados: Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE							
	Enxofre Reduzido Total (ERT) (ppb)					Ozônio (O_3) (μg/m³)		
	Máximas 1 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar
	1ª	2ª	MAA[1]	-	-	1ª	2ª	1 h[2]
Americana-Centro (Manual)	-	-	-	-	-	-	-	-
Americana (Automática)	702	394	6	-	-	199	173	160 (160)

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

Os **Quadros 10.1.11.2.5-4** e **10.1.11.2.5-5** apresentam os resumos dos resultados verificados em 2008 para os diversos poluentes monitorados nas estações automáticas instaladas e operadas pela Cetesb no Município de Paulínia e no **Quadro 10.1.11.2.5-6** é apresentado o resumo dos resultados das estações manuais desta localidade, quais sejam:

- Partículas Inaláveis (MP_{10}): Na Estação Paulínia foram registradas as concentrações máximas diárias de 100 e 97 $\mu g/m^3$ e a média anual de 33 $\mu g/m^3$, as quais se apresentam abaixo dos padrões, primário e secundário, de 24 h e média anual fixados para este poluente. Na Estação Paulínia - Sul foram encontrados valores ligeiramente superiores, com as concentrações máximas de 24 h de 114 e 113 $\mu g/m^3$ e média anual de 52 $\mu g/m^3$. Os resultados diários não superam o padrão, primário e secundário, de 150 $\mu g/m^3$, mas a media anual de 52 $\mu g/m^3$, apesar da não atender o critério da representatividade anual de amostras, ultrapassa ligeiramente o limite da média anual, primário e secundário, de 50 $\mu g/m^3$.

- Dióxido de Nitrogênio (NO_2): Na Estação Paulínia – Sul foram registradas em 2008, concentrações máximas de 1 h de 103 e 99 $\mu g/m^3$ e média anual de 20 $\mu g/m^3$, valores estes que se encontram abaixo dos respectivos padrões primários de 320 $\mu g/m^3$ (24 h) e de 100 $\mu g/m^3$ (média anual), e até mesmo dos padrões secundários de 190 $\mu g/m^3$ (24 h) e de 100 $\mu g/m^3$ (média anual).

- Ozônio (O_3): A Estação Paulínia registrou concentrações máximas de 1 h de 202 e 192 $\mu g/m^3$, os quais superam o padrão primário e secundário horário de 160 $\mu g/m^3$. Da mesma forma, a Estação Paulínia – Sul (Automática), apesar da menor quantidade de amostras (234), o que não deu representatividade anual, apresentou resultados máximos horários de 203 e 196 $\mu g/m^3$, ultrapassando também o limite fixado.

- Dióxido de Enxofre (SO_2): Na Estação Paulínia - Sul foram registradas concentrações máximas diárias de 24 $\mu g/m^3$ e média anual de 5 $\mu g/m^3$. Estes resultados encontram muito abaixo dos padrões primários de 365 $\mu g/m^3$ (24 h) e media anual de 80 $\mu g/m^3$ e, até mesmo, dos limites secundários de 100 $\mu g/m^3$ e de 40 $\mu g/m^3$, respectivamente.

- Dióxido de Enxofre (SO_2) passivo: Nas estações manuais com amostragem passiva para SO_2 foram obtidas concentrações médias máximas mensais de 8 e 7 $\mu g/m^3$, 9 e 8 $\mu g/m^3$ e 38 e 23, respectivamente nas Estações de Paulínia Centro, Santa Terezinha e Bairro Cascata, com concentrações médias anuais de 5, 6 e 20 $\mu g/m^3$, respectivamente, todos resultados abaixo do padrão primário de média anual de 80 $\mu g/m^3$ e mesmo com o padrão secundário de 40 $\mu g/m^3$.

QUADRO 10.1.112.5-4: Resultados do monitoramento com estações automáticas de Qualidade do Ar em Paulínia no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Partículas Inaláveis (MP_{10}) ($\mu g/m^3$)					Dióxido de Nitrogênio (NO_2) ($\mu g/m^3$)				
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	1 h	MAA[1]
Paulínia (Automática)	100	97	33	150 (150)	50 (50)	-	-	-	320 (190)	100 (100)
Paulínia Sul (Automática)	114*	113*	52*			103*	99*	20*		

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano. A Estação Paulínia – Sul inicio amostragem em 04/03/2008.

QUADRO 10.1.11.2.5-5: Resultados do monitoramento com estações automáticas de Qualidade do Ar em Paulínia no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE										
	Monóxido de Nitrogênio (NO) (µg/m³)			Ozônio (O_3) (µg/m³)			Dióxido de Enxofre (SO_2) (µg/m³)				
	Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	1 h[2]	1ª	2ª	1 h[2]	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]
Paulínia (Automática)	-	-	-	202	192	160 (160)	24	24	5	365 (100)	80 (40)
Paulínia Sul (Automática)	270	258		203*	196*		-	-	-		

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano. A Estação Paulínia – Sul inicio amostragem em 04/03/2008.

QUADRO 10.1.11.2.5-6: Resultados do monitoramento com estações manuais de Qualidade do Ar em Paulínia no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE									
	Fumaça (FMC) (µg/m³)					Dióxido de Enxofre (SO_2) – passivo (µg/m³)				
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas médias mensais		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]
Paulínia- Centro (Manual)	-	-	-	150 (100)	60 (40)	8	7	5	365 (100)	80 (40)
Paulínia – Santa Terezinha	-	-	-			9	8	6		
Paulínia – Bairro Cascata	-	-	-			38	23	20		

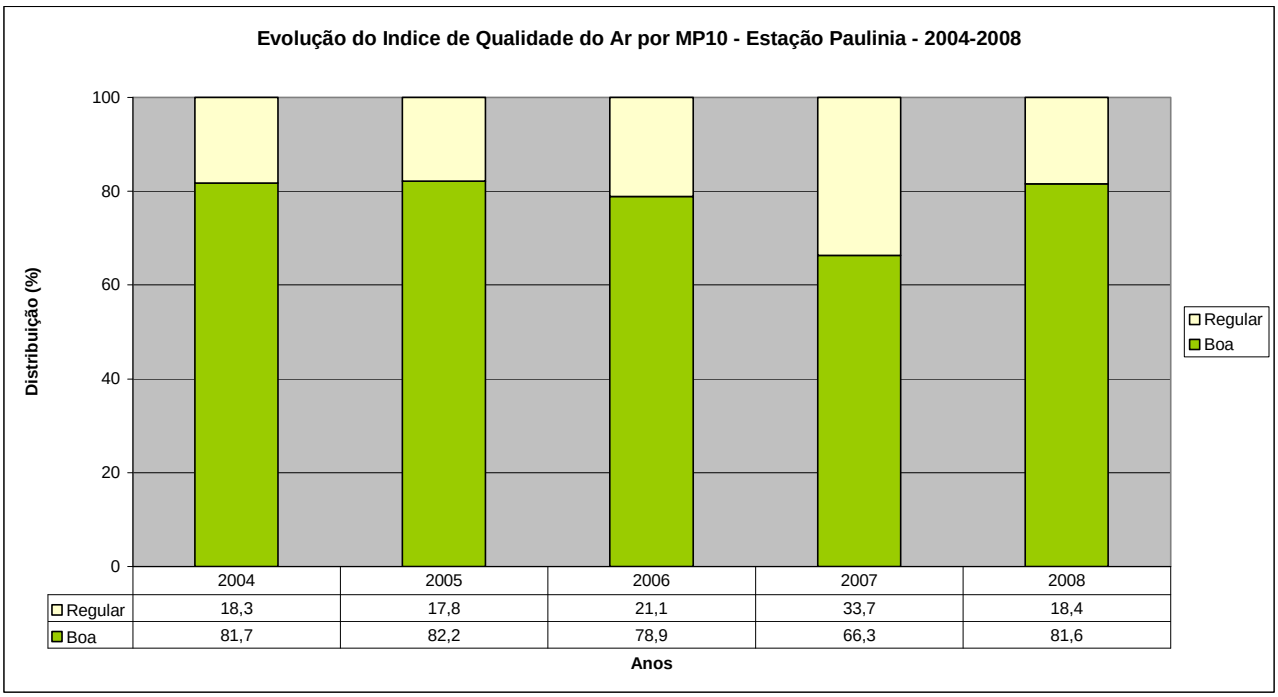
1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

Índices de Qualidade do Ar registrados em 2008

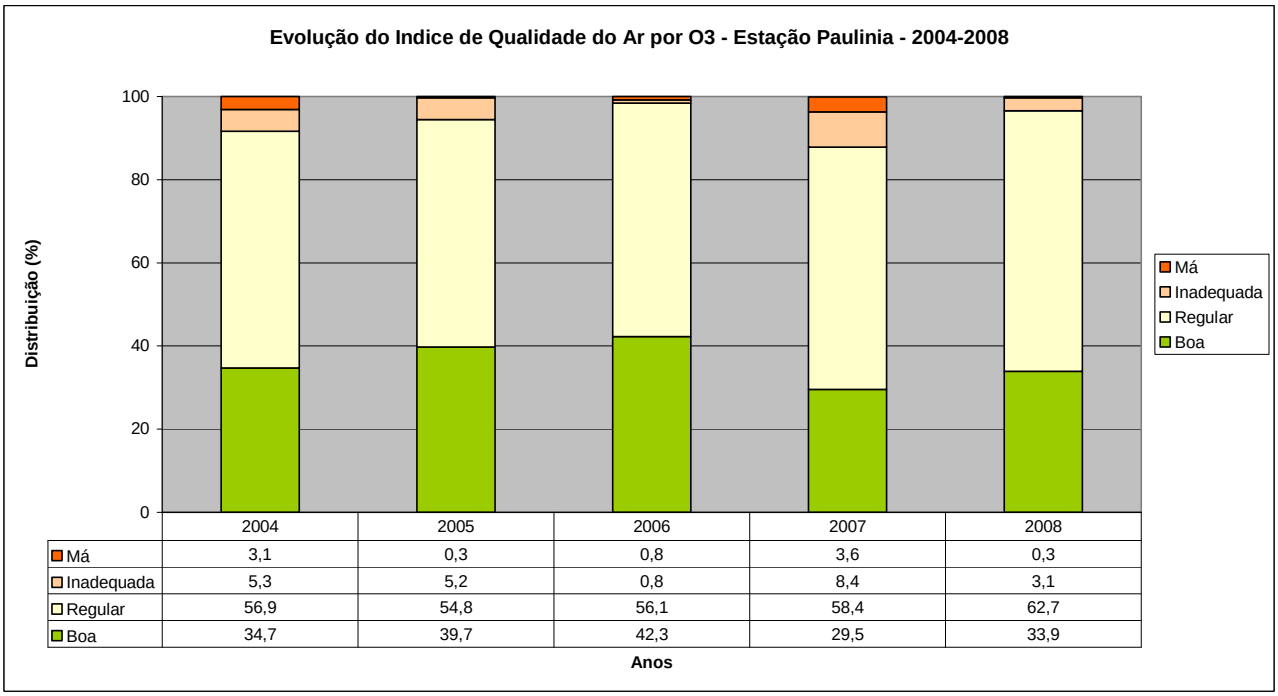
No **Gráfico 10.1.11.2.5-1** é apresentado a distribuição do índice de qualidade do ar na Estação Paulínia para Partículas Inaláveis (MP_{10}) monitorados no período de 2004 a 2008. Verifica-se uma ligeira tendência de queda da qualidade do ar para este poluente desde 2005 até 2007, com diminuição da qualidade Boa e aumento da Regular, com posterior melhoria registrada no monitoramento de 2008. O **Gráfico 10.1.11.2.5-2** mostra a evolução do índice de qualidade do ar na Estação Paulínia (automática) para Ozônio (O_3), verificando não haver grandes variações, podendo ressaltar a ocorrência e a variação da qualidade Inadequada e Má.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-1: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Regular	18,3	17,8	21,1	33,7	18,4
Boa	81,7	82,2	78,9	66,3	81,6

GRÁFICO 10.1.11.2.5-2: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por Ozônio (O_3) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
Má	3,1	0,3	0,8	3,6	0,3
Inadequada	5,3	5,2	0,8	8,4	3,1
Regular	56,9	54,8	56,1	58,4	62,7
Boa	34,7	39,7	42,3	29,5	33,9

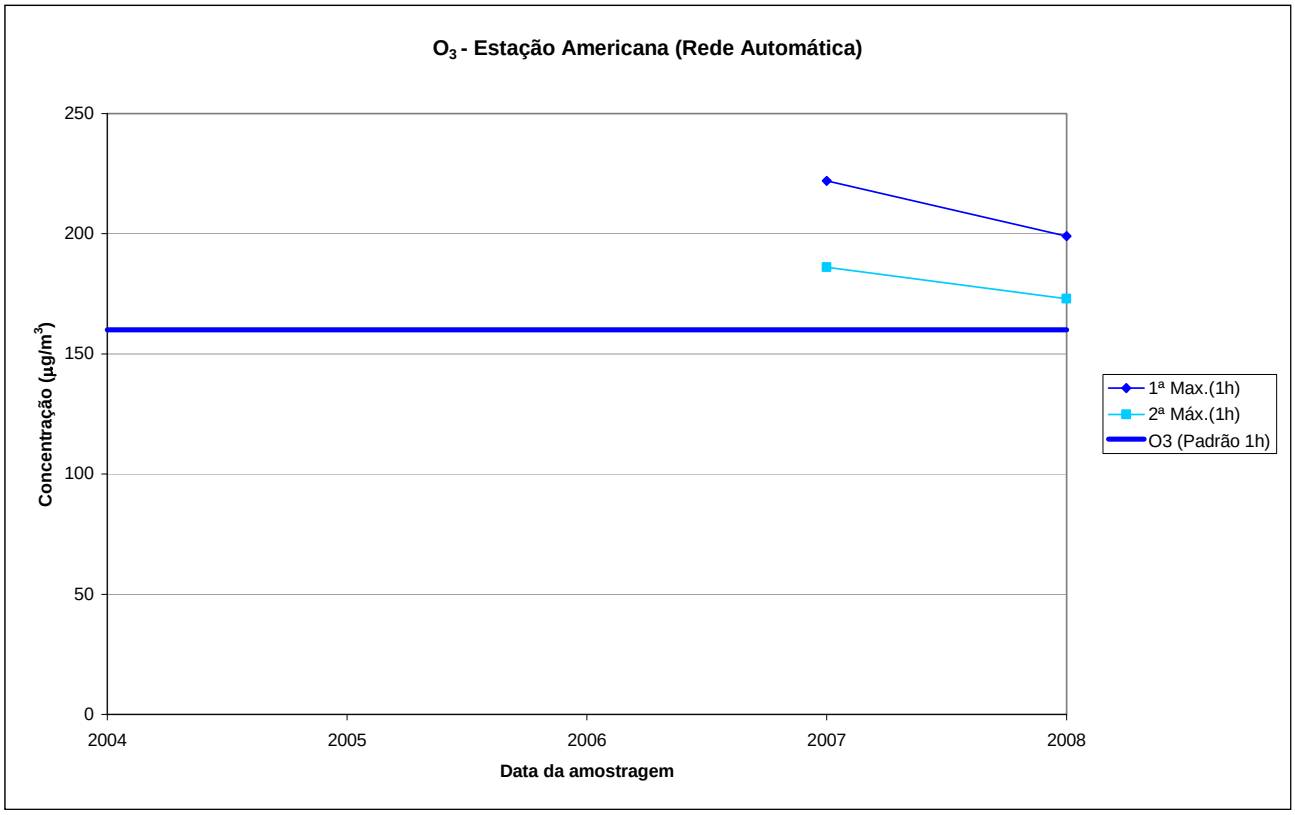
Evolução da Qualidade do Ar no período de 2004 a 2008

As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados em Americana e Paulínia no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curto prazo (horárias ou diárias) e de médias anuais obtidos nas estações medidoras da rede de monitoramento da Cetesb e divulgados anualmente como Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.

ESTAÇÃO AMERICANA (REDE AUTOMÁTICA)

O **Gráfico 10.1.11.2.5-3** mostra os resultados verificados na Estação Americana, para Ozônio (O_3), cuja amostragem foi iniciada em 01/01/2007. Os resultados das concentrações máximas de 1 h de 2007 e 2008 apresentaram valores (primeiras máximas de 222 e 199 $\mu g/m^3$ e segundas máximas de 186 e 173 $\mu g/m^3$) acima do padrão horário de 160 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-3: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Americana no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO AMERICANA – CENTRO (REDE MANUAL)

O **Gráfico 10.1.11.2.5-4** mostra os resultados verificados na Estação Americana – Centro, para monitoramento de Fumaça (FMC). Os resultados das concentrações máximas de 24 h no período de 2004 a 2008 ficaram abaixo do padrão de 150 $\mu g/m^3$, principalmente os valores de 39 e 38 $\mu g/m^3$ verificados em 2008. Analogamente, as concentrações médias anuais que variaram de 14 a 25 $\mu g/m^3$ estão abaixo do limite anual de 60 $\mu g/m^3$.

Também nesta estação é realizada a amostragem passiva de Dióxido de Enxofre (SO_2), tendo sido obtidos resultados muito baixos, conforme mostra o **Gráfico 10.1.11.2.5-5** com as concentrações médias mensais máximas variando de 6 a 17 $\mu g/m^3$ e medias anuais com concentração variando de 4 a 8 $\mu g/m^3$, quando comparadas com o padrão de 24 h de 365 $\mu g/m^3$ e media anual de 80 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-4: Evolução das concentrações de Fumaça (FMC) na Estação Americana – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

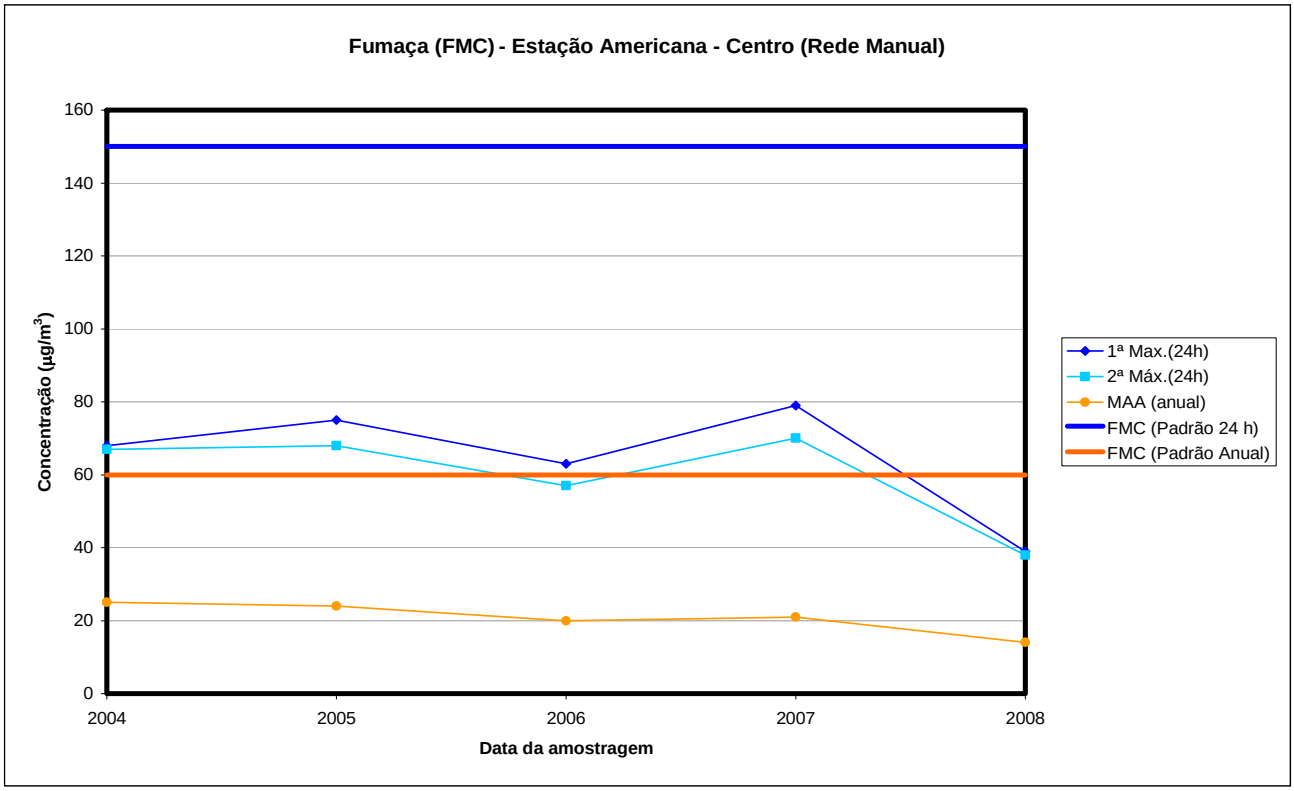
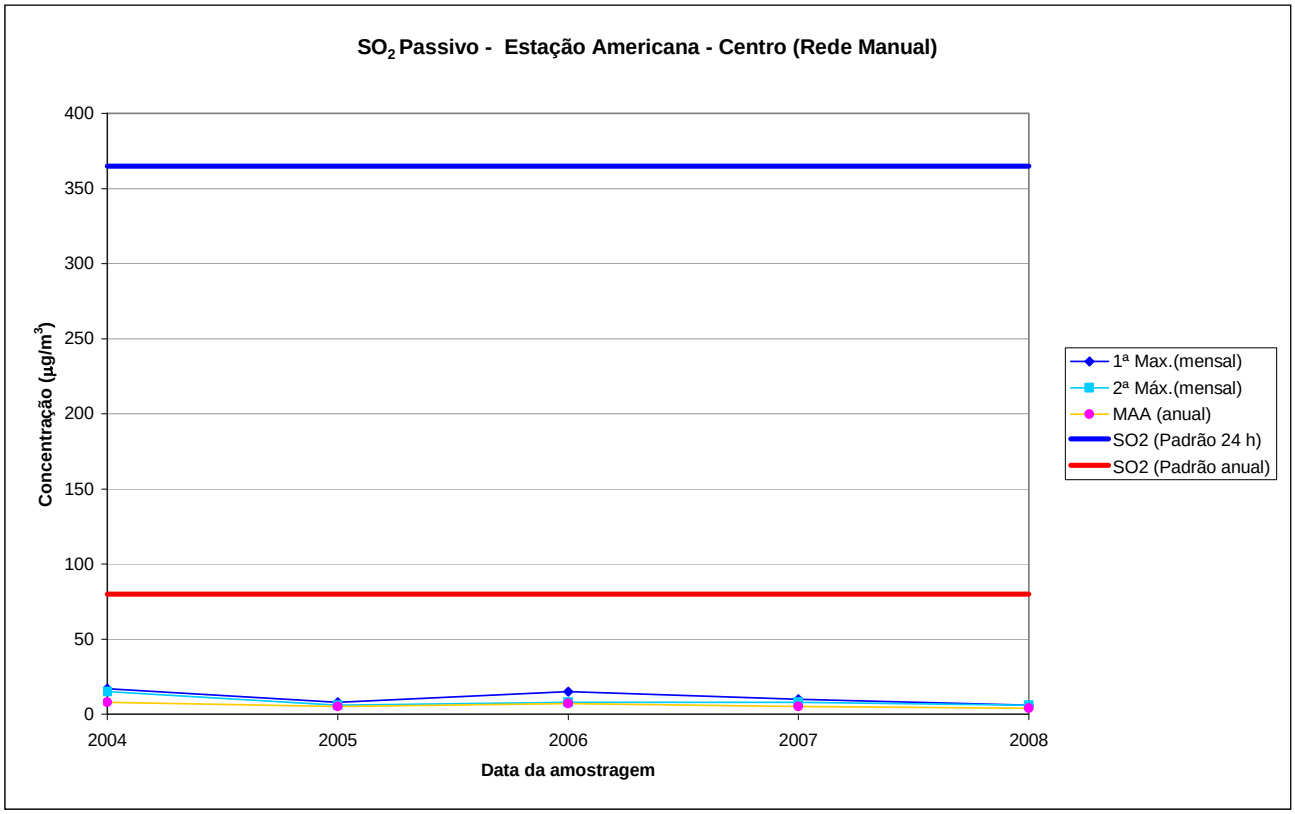


GRÁFICO 10.1.11.2.5-5: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Americana – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO PAULÍNIA (REDE AUTOMÁTICA)

O **Gráfico 10.1.11.2.5-6** mostra os resultados verificados para Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Paulínia. Os resultados das primeiras máximas concentrações de 24 h de todo o período de 2004 a 2008, apresentaram valores abaixo do padrão de 150 $\mu g/m^3$, com tendência de queda das concentrações de 2004 até 2006, invertendo a tendência com leve aumento de 2006 a 2008. Da mesma forma as concentrações das médias anuais de 33 a 43 $\mu g/m^3$ no período ficaram abaixo do padrão anual de 50 $\mu g/m^3$.

Também nesta estação é realizado o monitoramento de Ozônio (O_3), cujos resultados são mostrados no **Gráfico 10.1.11.2.5-7**, com todas as concentrações máximas de 1 h (primeiras máximas variando de 202 a 294 $\mu g/^3$ e segundas máximas de 166 a 239 $\mu g/m^3$) do período de 2004 a 2008 acima do padrão horário de 160 $\mu g/m^3$.

Ainda nesta estação automática foi realizado até 2006 o monitoramento de Monóxido de Carbono (CO), com valores muito abaixo do padrão de 9 ppm para 8 h, conforme mostra o **Gráfico 10.1.11.2.5-8**. Finalmente, nesta Estação Paulínia se realizou o monitoramento de Dióxido de Enxofre (SO_2) com resultados mostrados no **Gráfico 10.1.11.2.5-9**, cujas concentrações máximas de 24 h (variando de 17 a 38 $\mu g/m^3$) ficaram muito abaixo do limite diário de 365 $\mu g/m^3$, assim como as médias anuais (variando de 5 a 12 $\mu g/m^3$) comparadas com o padrão anual de 80 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-6: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

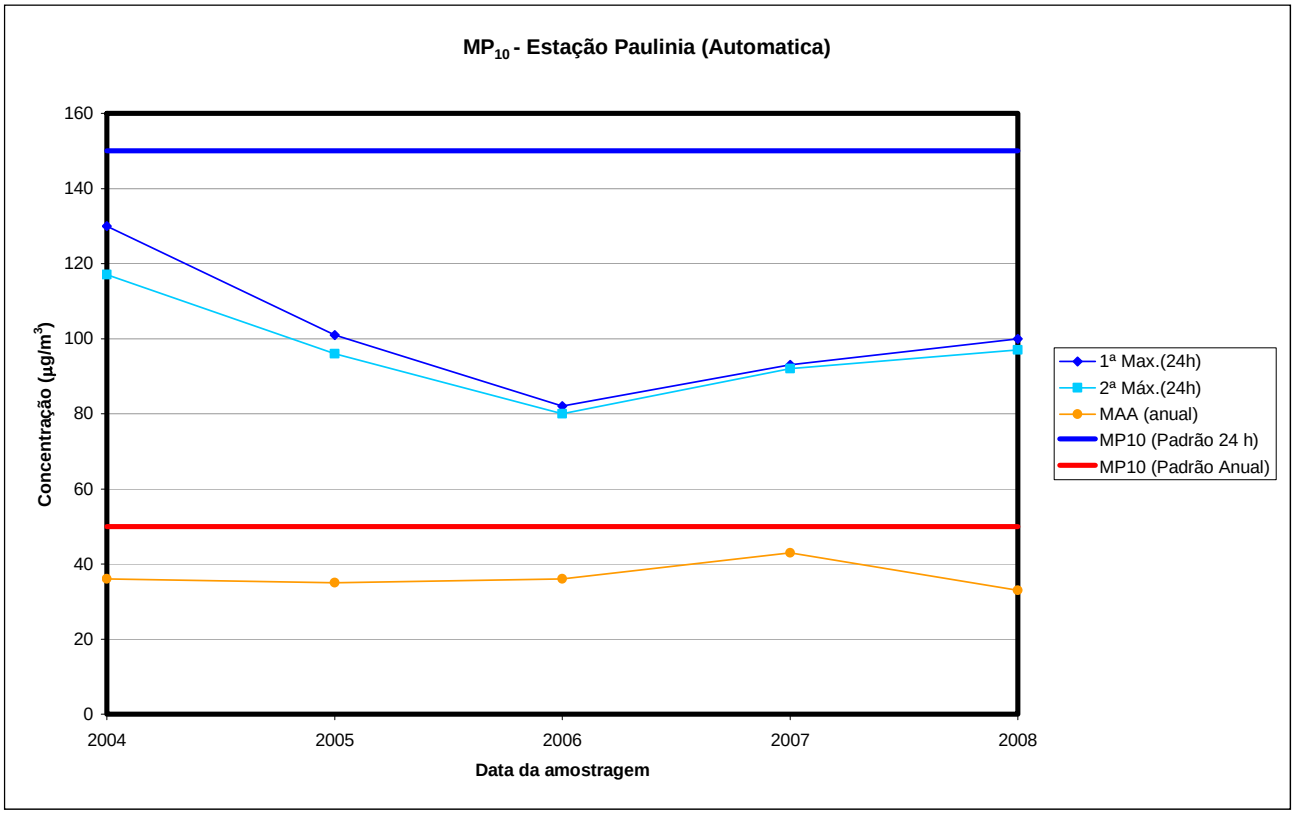


GRÁFICO 10.1.11.2.5-7: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

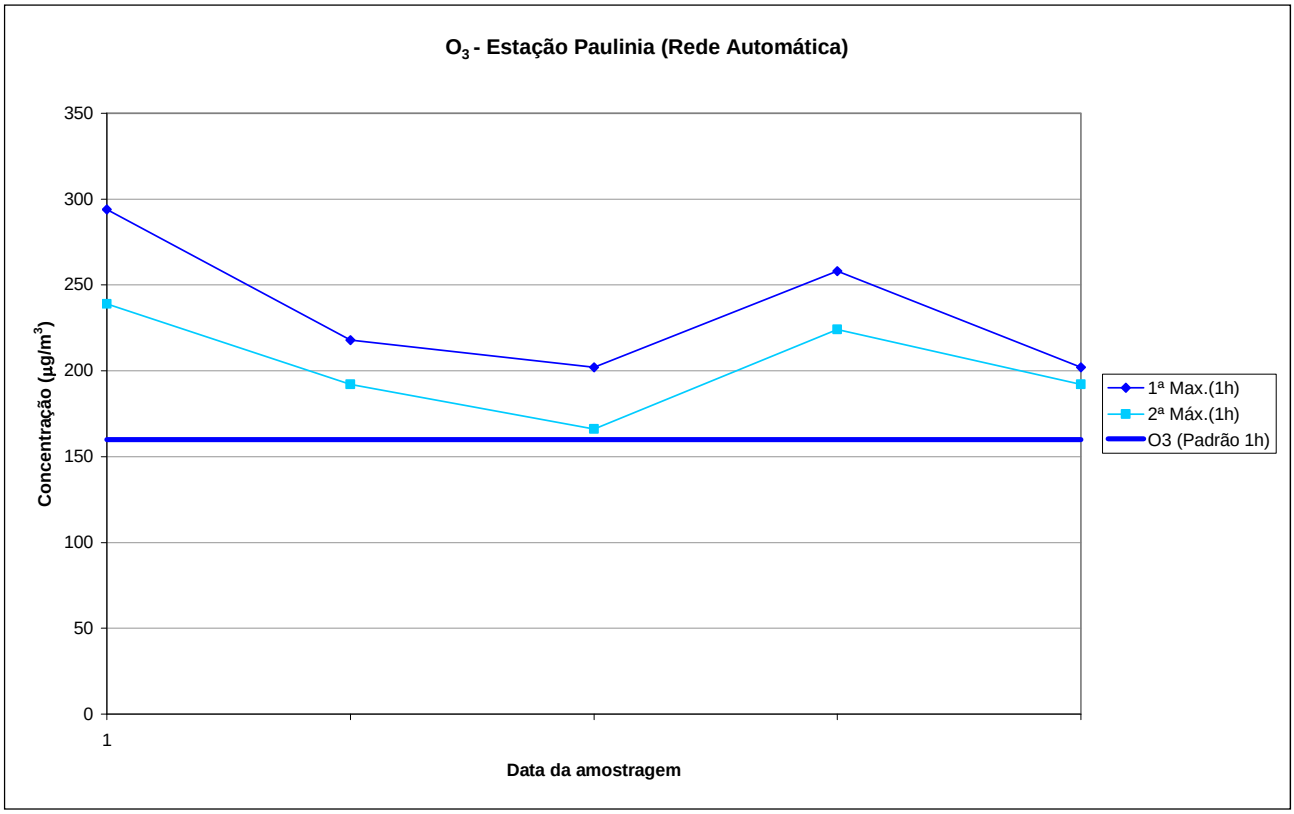


GRÁFICO 10.1.11.2.5-8: Evolução das concentrações de Monóxido de Carbono (CO) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

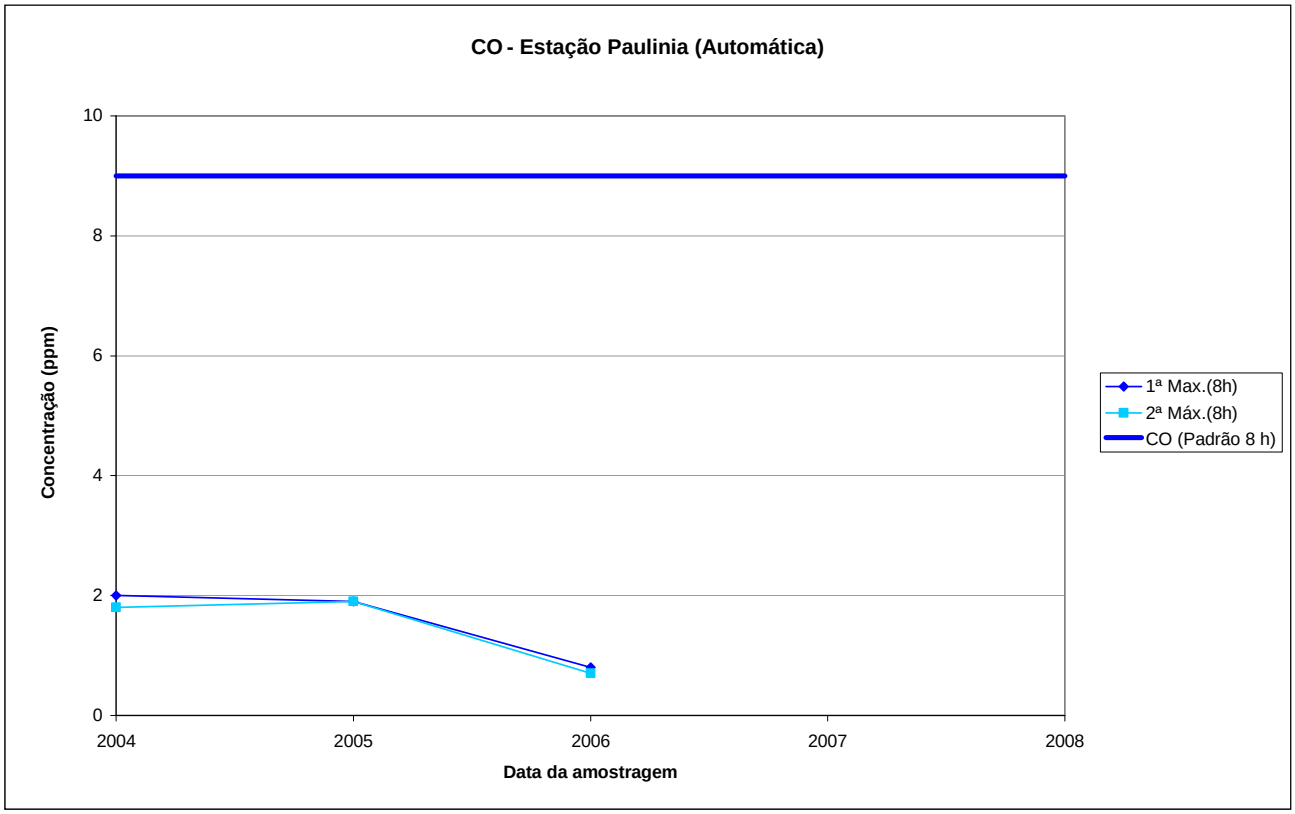
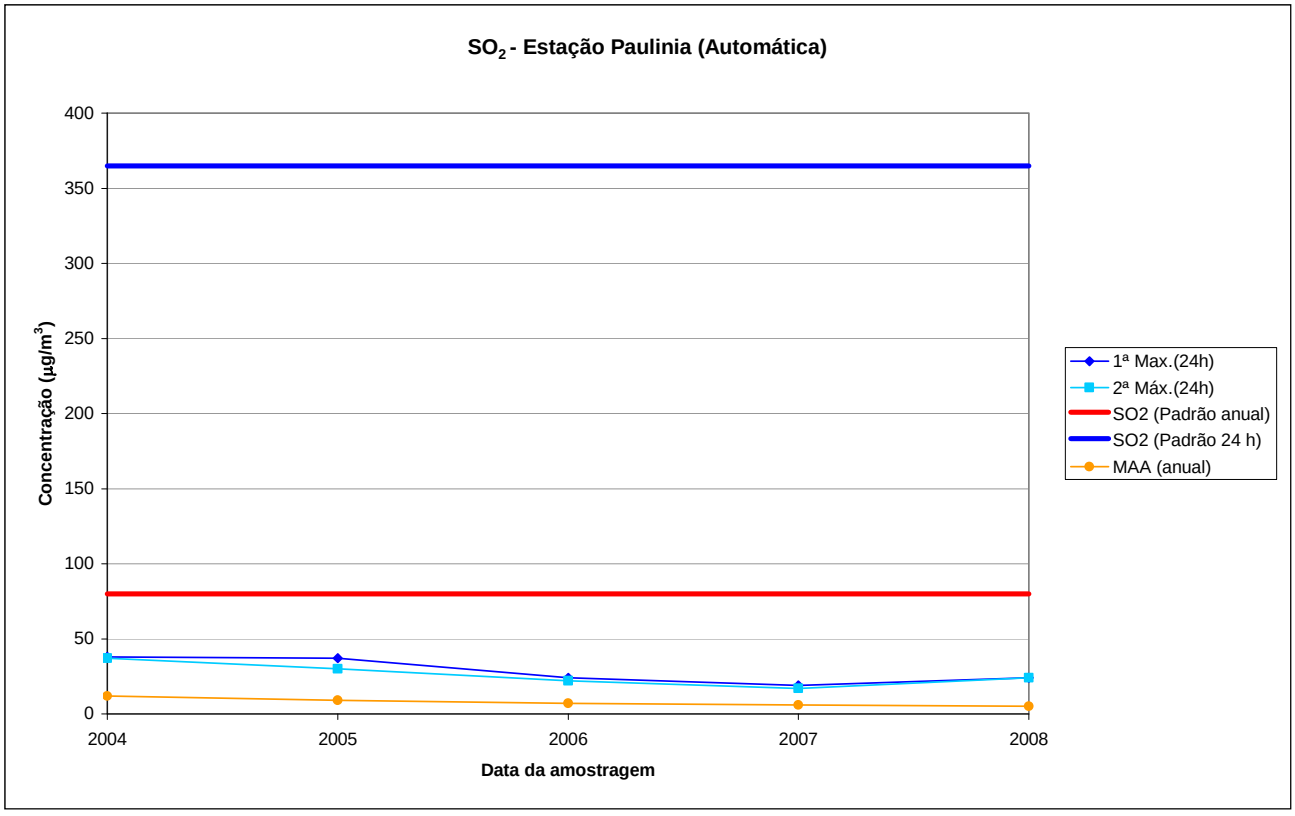


GRÁFICO 10.1.11.2.5-9: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) na Estação Paulínia no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÕES PAULÍNIA – CENTRO, SANTA TEREZINHA E BAIRRO CASCATA (MANUAIS)

No Município de Paulínia são operadas três estações manuais onde é realizado monitoramento passivo de Dióxido de Enxofre (SO_2). No **Gráfico 10.1.11.2.5-10** é apresentada a variação dos resultados (máximas medias mensais – primeiras e segundas - de 7 a 16 $\mu g/m^3$ e medias anuais de 5 a 11 $\mu g/m^3$) no período de 2004 a 2008 na Estação Paulínia – Centro, valores muito baixos comparados ao limite anual de 80 $\mu g/m^3$. Da mesma forma, o **Gráfico 10.1.11.2.5-11** mostra a variação dos resultados obtidos na Estação Paulínia – Santa Terezinha, com as máximas concentrações médias mensais variaram de 7 a 18 $\mu g/m^3$ e as médias anuais de 6 a 12 $\mu g/m^3$, também muito abaixo do limite anual acima referido.

No **Gráfico 10.1.11.2.5-12** são apresentadas as variações dos resultados (primeiras e segundas máximas médias mensais de 18 a 38 $\mu g/m^3$, com as médias anuais de 12 a 23 $\mu g/m^3$), que embora apresente valores maiores que as outras duas estações manuais, ainda se apresentam abaixo do limite anual de 80 $\mu g/m^3$ fixado para este poluente.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-10: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Paulínia – Centro no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

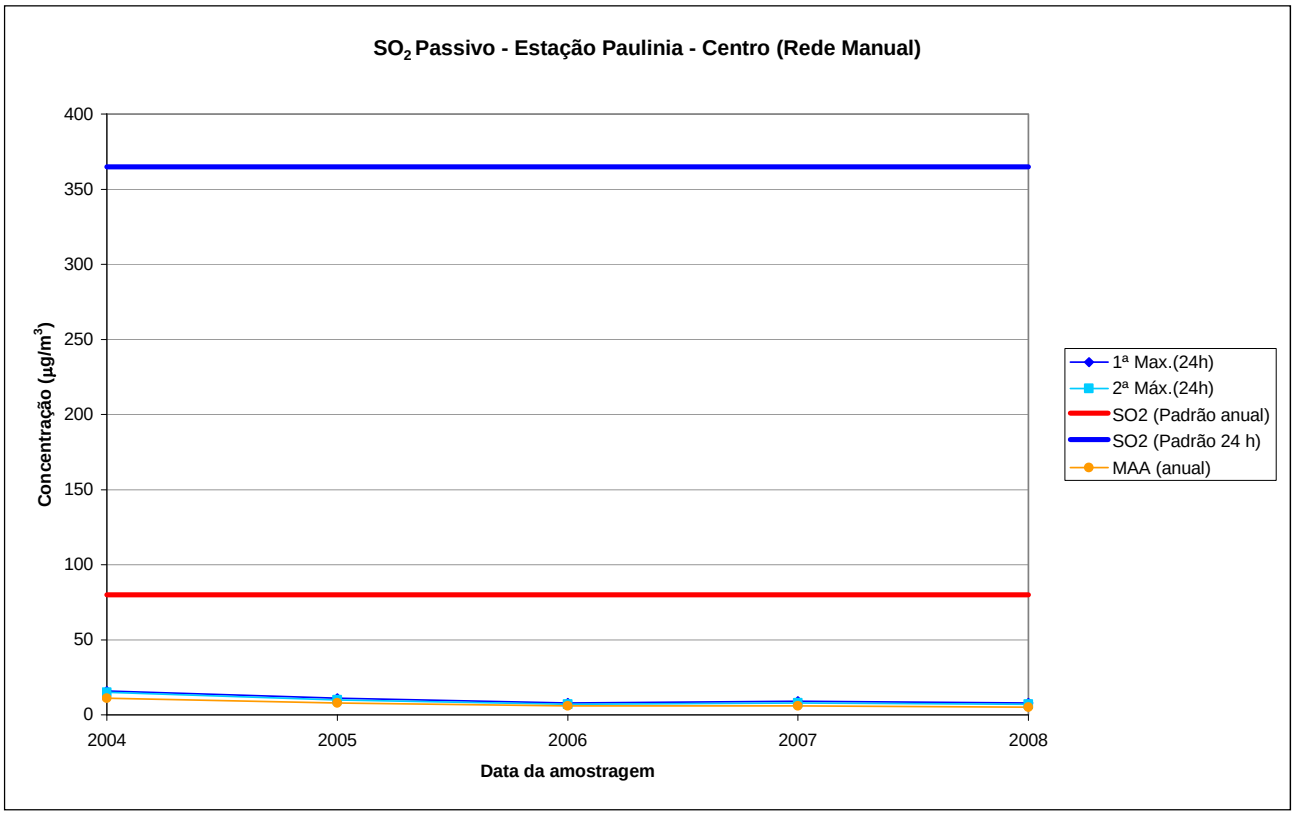


GRÁFICO 10.1.11.2.5-11: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Paulínia – Santa Terezinha no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

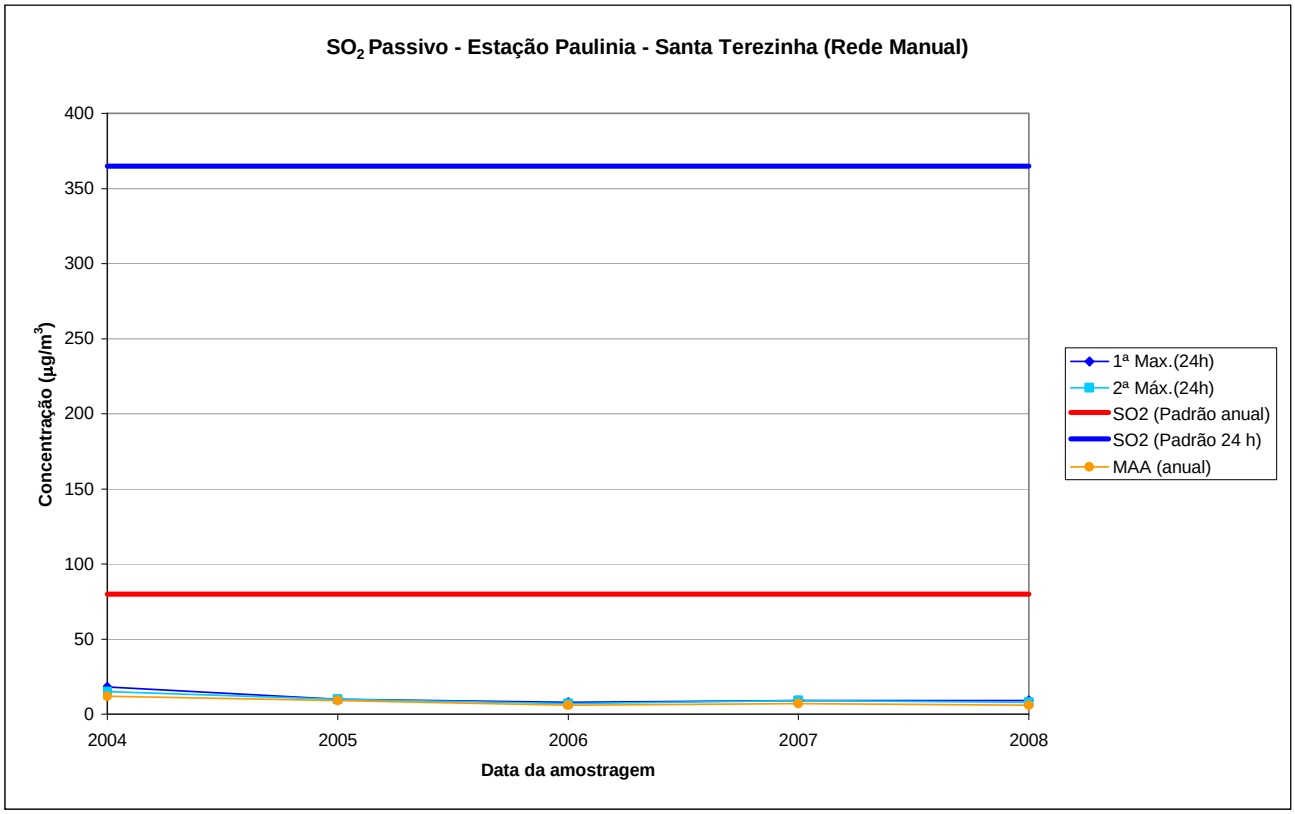
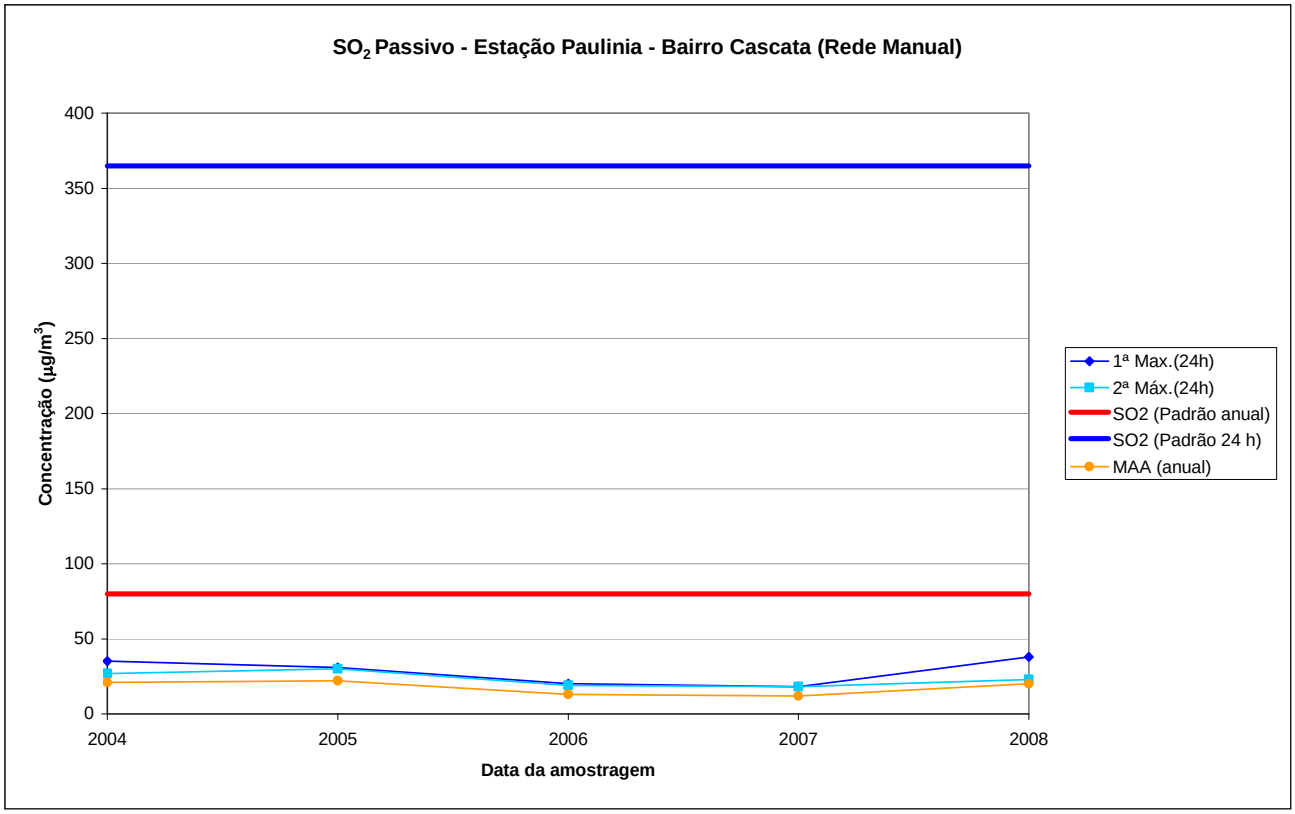


GRÁFICO 10.1.11.2.5-12: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) Passivo na Estação Paulínia – Bairro Cascata no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

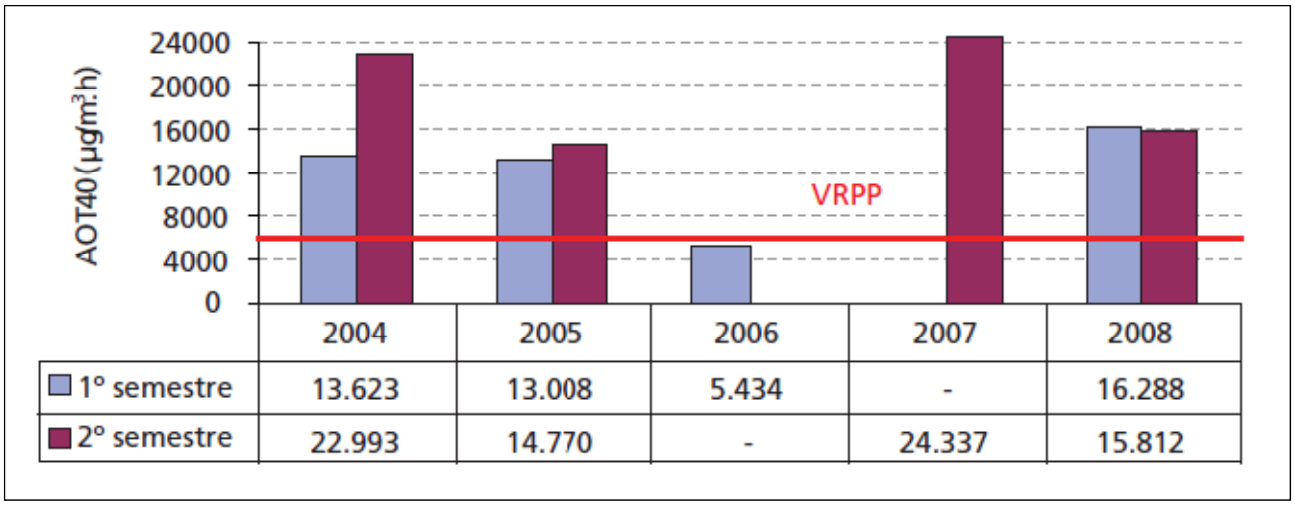


Resultados de AOT40 Trimestral em Comparação com o Valor de Referência para Proteção da Produtividade (VRPP)

Os valores de AOT40 calculados trimestralmente para 2008 com base nos dados de Ozônio gerados pelas estações de monitoramento de Americana e Paulínia, comparados com o Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP) de 6.000 $\mu g/m^3.h$ já foram apresentados no **Gráfico 10.1.11.2.4-5**. As Estações Paulínia e Paulínia - Sul apresentaram resultados elevados durante a primavera e verão, com valores acima do VRPP. Segundo Cetesb, estas estações desta região apresentaram os maiores valores de AOT 40 em 2008 no Estado de São Paulo.

O **Gráfico 10.1.11.2.5-13** apresenta as concentrações máximas trimestrais de AOT40 em cada semestre do período de 2004 a 2008 monitorados na Estação Paulínia, o qual não teve valores validados no segundo semestre de 2006 e primeiro semestre de 2007. Verifica-se que o maior valor calculado de 24.337 $\mu g/m^3.h$ ocorreu no segundo semestre de 2007, atingindo valor superior a quatro vezes o valor da VRPP. O segundo maior valor de 22.993 $\mu g/m^3.h$ foi registrado no segundo semestre de 2004, cujo valor superou 3,8 vezes o VRPP.

GRÁFICO 10.1.11.2.5-13: Resultados de AOT40 trimestrais máximas por semestres de 2004 a 2008 na Estação de Paulínia (Cetesb, 2009)



	2004	2005	2006	2007	2008
1° semestre	13.623	13.008	5.434	-	16.288
2° semestre	22.993	14.770	-	24.337	15.812

Níveis de saturação da Qualidade do Ar da região

No **Quadro 10.1.11.2.5-7** é apresentada a classificação dos municípios de Santa Bárbara-d'oeste, Paulínia e municípios vizinhos quanto ao grau de saturação da qualidade do ar, de acordo com o enquadramento constante da Resolução SMA 061/2009 em atendimento ao disposto no Decreto 52.469/07. Em função dos resultados do monitoramento de Ozônio em Americana, Piracicaba e principalmente Paulínia, os municípios de Americana, Santa Bárbara d'Oeste, Paulínia e outros municípios vizinhos, estão classificados como Saturados-Sério por Ozônio. Por outro lado, estes mesmos municípios, incluindo Campinas, são considerados Não Saturados para os poluentes Material Particulado e Dióxido de Enxofre. Limeira apresenta o enquadramento como Saturado-Moderado em termos de Material Particulado e Saturado-Sério por Ozônio.

QUADRO 10.1.11.2.5-7: Classificação dos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Paulínia e outros municípios vizinhos no grau de saturação da qualidade do ar (Resolução SMA 061, 2009)

Município	Parâmetro					Município monitorado para O_3
	MP	SO_2	CO	NO_2	O_3	
Americana	NS	NS			SAT-SER	Americana, Paulínia, Piracicaba
Paulínia	NS	NS			SAT-SER	Americana, Paulínia
Santa Bárbara d'Oeste					SAT-SER	Americana, Paulínia, Piracicaba
Nova Odessa					SAT-SER	Americana, Paulínia
Sumaré					SAT-SER	Americana, Paulínia
Rio das Pedras					SAT-MOD	Americana, Piracicaba
Campinas	NS	NS	NS		SAT-SER	Americana, Jundiaí, Paulínia
Jaguariúna					SAT-SER	Americana, Paulínia
Cosmópolis		NS			SAT-SER	Americana, Paulínia
Limeira	SAT-MOD	NS			SAT-SER	Americana, Paulínia, Piracicaba

Município em negrito: local da estação responsável pela pior classificação para Ozônio

MP – material particulado
SO_2 – dióxido de enxofre
CO – monóxido de carbono
NO_2 – dióxido de nitrogênio
O_3 – Ozônio

EVS – área em via de saturação
NS – área não saturada
SAT-MOD – área saturada moderado
SAT-SER – área saturada sério

Conclusão

Em 2008 ocorreram ultrapassagens aos padrões de qualidade do ar nas Estações Americana, Paulínia e Paulínia – Sul por Ozônio, enquadrando os municípios da região na classificação de Saturado-Sério para este poluente. Com exceção ao Município de Limeira classificado como Saturado-Moderado por Material Particulado, a região mostra não haver problemas com outros poluentes, classificando inclusive os municípios de Americana, Paulínia e Campinas como Não Saturados para Material Particulado e SO_2.

10.1.11.2.6 Terminal Serrana

Características Gerais da Região do Município de Serrana

O Município de Serrana está localizado na região nordeste do Estado de São Paulo. Foi fundado em 1875 e teve sua emancipação política em 1949, ocupando uma área de 125,744 km^2 com uma população atual, segundo Seade, estimada em 40.195 habitantes (Censo 2008 IBGE de 38.956 habitantes). Este município com outros 22 integram a Ugrhi 4 - Pardo (Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos) e tem no Município de Ribeirão Preto a sua principal cidade. Segundo dados da Seade, Ribeirão Preto possui atualmente uma população de 561 mil habitantes, contando com cerca de 1300 indústrias e uma frota de estimada em 335 mil veículos. A região tem como predominância as atividades industriais, com destaque para agroindústria, relacionadas com a extração e refino de óleos vegetais, usinas de açúcar e álcool, papel e celulose e indústrias alimentícias.

Segundo inventário de emissões estimado pela Cetesb, a frota de veículos de Ribeirão Preto é responsável pela emissão de 60.940 t/ano de Monóxido de Carbono (CO), 14.130 t/ano de Hidrocarbonetos (HC), 13.170 t/ano de Óxidos de Nitrogênio (NOx), 710 t/ano de Óxidos de Enxofre (SOx) e 1.190 t/ano de Material Particulado (MP).

Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar na Região do Município de Serrana

A Cetesb não mantém estação de monitoramento de qualidade do ar no Município de Serrana e, portanto. Considerando-se que o Município de Ribeirão Preto dista apenas cerca de 25 km, foram utilizados os dados gerados pelas estações medidoras instaladas neste município vizinho.

No Município de Ribeirão Preto, a Cetesb mantém e opera rotineiramente uma estação manual, integrante da Rede do Interior do Estado e outra da Rede Automática, os quais apresentam as seguintes características:

- Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos (Rede Manual) - instalada a Rua Luiz Gama, altura do nº 150 – Bairro de Campos Elíseos medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), monitorado desde 2003 com medições a cada seis dias; Fumaça (FMC), cujo monitoramento foi encerrado em Dezembro de 2005, com amostragens por um período de 24 horas a cada seis dias e Dióxido de Enxofre (SO_2), por amostragem passiva com exposição por um período contínuo de 30 dias.

- Estação Ribeirão Preto (Rede Automática) – instalada e operando desde 20/08/2007 junto a Escola Estadual Edgardo Cajado à Rua General Câmara, 157, medindo os seguintes parâmetros: Partículas Inaláveis (MP_{10}), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Monóxido de Nitrogênio (NO), Ozônio (O_3) e parâmetros meteorológicos (Velocidade e Direção dos Ventos, Umidade Relativa, Temperatura e Pressão Atmosférica). Esta estação automática fixa sucedeu uma estação móvel que operou no mesmo local no período de 04/08/2004 a 31/03/2006 e posteriormente entre 15/08/2007 e 19/08/2008.

Qualidade do Ar na região em 2008

Segundo dados constantes do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2008 (Cetesb, 2009), a qualidade do ar na região verificado para 2008 pode ser caracterizada conforme resumo dos resultados apresentados nos **Quadros 10.1.11.2.6-1 e 10.1.11.2.6-2** para os diferentes parâmetros medidos.

QUADRO 10.1.11.2.6-1: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Ribeirão Preto no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE												
	Partículas Inaláveis (MP_{10}) ($\mu g/m^3$)					Dióxido de Nitrogênio (NO_2) ($\mu g/m^3$)					Monóxido de Carbono (CO) (ppm)		
	Máximas 24 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 1 h		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar		Máximas 8 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar
	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]	1ª	2ª	MAA[1]	1 h	MAA[1]	1ª	2ª	8 h[2]
Ribeirão Preto – Campos Elíseos (manual)	99*	95*	45*	150 (150)	50 (50)				320 (190)	100 (100)			9
Ribeirão Preto (Automática)	122	101	37			117*	106*	19*			2*	2*	

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano

QUADRO 10.1.11.2.6-2: Resultados do monitoramento da Qualidade do Ar em Ribeirão Preto no ano de 2008 (Cetesb, 2009)

ESTAÇÃO	POLUENTE							
	Ozônio (O_3) ($\mu g/m^3$)			Dióxido de Enxofre (SO_2) – passivo ($\mu g/m^3$)				
	Máximas 1 h		Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	Máximas médias mensais		Média anual	Padrão Primário (Secundário) Qualidade Ar	
	1ª	2ª	1 h[2]	1ª	2ª	MAA[1]	24 h[2]	MAA[1]
Ribeirão Preto – Campos Elíseos (manual)	-	-	160 (160)	5	5	3	365 (100)	80 (40)
Ribeirão Preto (Automática)	139	136		-	-	-		

1 - MAA – Média Aritmética Anual

2 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

* Não atendeu ao critério de representatividade no ano

- Partículas Inaláveis (MP_{10}): Na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos com medições a cada 6 dias apresenta valores de concentrações máximas de 24 h de 99 e 95 $\mu g/m^3$ e média anual de 45 $\mu g/m^3$. As concentrações máximas registradas, tanto de 24 h como a media anual, encontram-se abaixo dos respectivos padrões, primário e secundário, de 150 $\mu g/m^3$ para 24 h e de 50 $\mu g/m^3$ como média anual. Deve-se observar que esta estação não atendeu o critério de representatividade da quantidade de amostras para este poluente no ano de 2008. Na Estação Ribeirão Preto, foram registradas as concentrações máximas diárias de 122 e 101 $\mu g/m^3$ e a média anual de 37 $\mu g/m^3$, os quais também se apresentam abaixo dos padrões, primário e secundário, fixados para este poluente.

- Dióxido de Nitrogênio (NO_2): Na Estação Ribeirão Preto foram registradas para 2008, concentrações máximas de 1 h de 117 e 106 $\mu g/m^3$ e média anual de 19 $\mu g/m^3$, valores estes que se encontram abaixo dos respectivos padrões primários de 320 $\mu g/m^3$ para 24 h e de 100 $\mu g/m^3$ como média anual, e até mesmo dos padrões secundários de 190 $\mu g/m^3$ (24 h) e de 100 $\mu g/m^3$ (média anual). Deve-se observar que também para este parâmetro, a estação não atendeu o critério de representatividade relativo à quantidade de amostras para o ano de 2008.

- Monóxido de Carbono (CO): Na Estação Ribeirão Preto foi registrada para 2008, concentração de 2 ppm, tanto para primeira como para segunda máxima para tempo de exposição de 8 h, valor este que se encontra abaixo do padrão primário e secundário de 9 ppm. Também para este parâmetro, a estação não atendeu o critério de representatividade relativo a quantidade de amostras para o ano de 2008.

- Ozônio (O_3): A Estação Ribeirão Preto registrou para 2008, concentrações máximas de 1 h de 139 e 136 $\mu g/m^3$, valores estes que se encontram abaixo do padrão primário e secundário horário de 160 $\mu g/m^3$.

- Dióxido de Enxofre (SO_2): Na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos foram realizadas medições com amostragem passiva para SO_2 obtendo-se resultados muito baixos, como de médias máximas mensais de 5 $\mu g/m^3$ e média anual de 3 $\mu g/m^3$, em comparação com o valor de padrão primário de média anual de 80 $\mu g/m^3$ e mesmo com o padrão secundário anual de 40 $\mu g/m^3$.

Índices de Qualidade do Ar na Região

No **Gráfico 10.1.11.2.6-1** é apresentado a distribuição do índice de qualidade do ar na estação automática de Ribeirão Preto para diferentes poluentes monitorados em 2008. Apesar de não ter sido registrada ultrapassagens ao padrão de qualidade do ar para nenhum destes poluentes, pode-se verificar que o Ozônio foi o poluente mais critico para a região, com maior índice de qualidade Regular.

No **Gráfico 10.1.11.2.6-2** é mostrado a evolução dos Índices de Qualidade do Ar para Partículas Inaláveis (MP_{10}) calculadas para o período de 2004 a 2008 com os dados gerados na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos. Pode-se verificar uma tendência de queda da qualidade do ar (aumento da qualidade Regular, com consequente diminuição da qualidade Boa) para este poluente desde 2004 até 2007, tendo havido uma ligeira melhora no ano de 2008, apesar de que, neste ultimo ano, o monitoramento não atingiu a representatividade anual de dados.

GRÁFICO 10.1.11.2.6-1: Distribuição do Índice de Qualidade do Ar por poluentes na Estação Ribeirão Preto em 2008 (Cetesb, 2009).

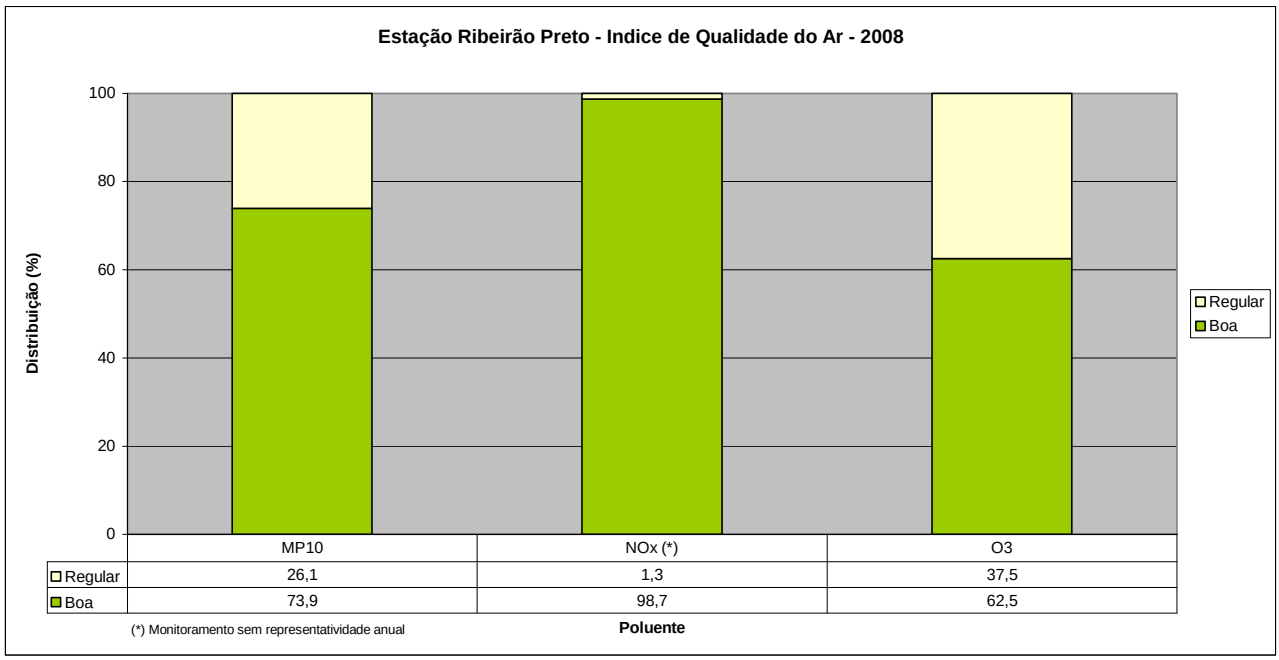
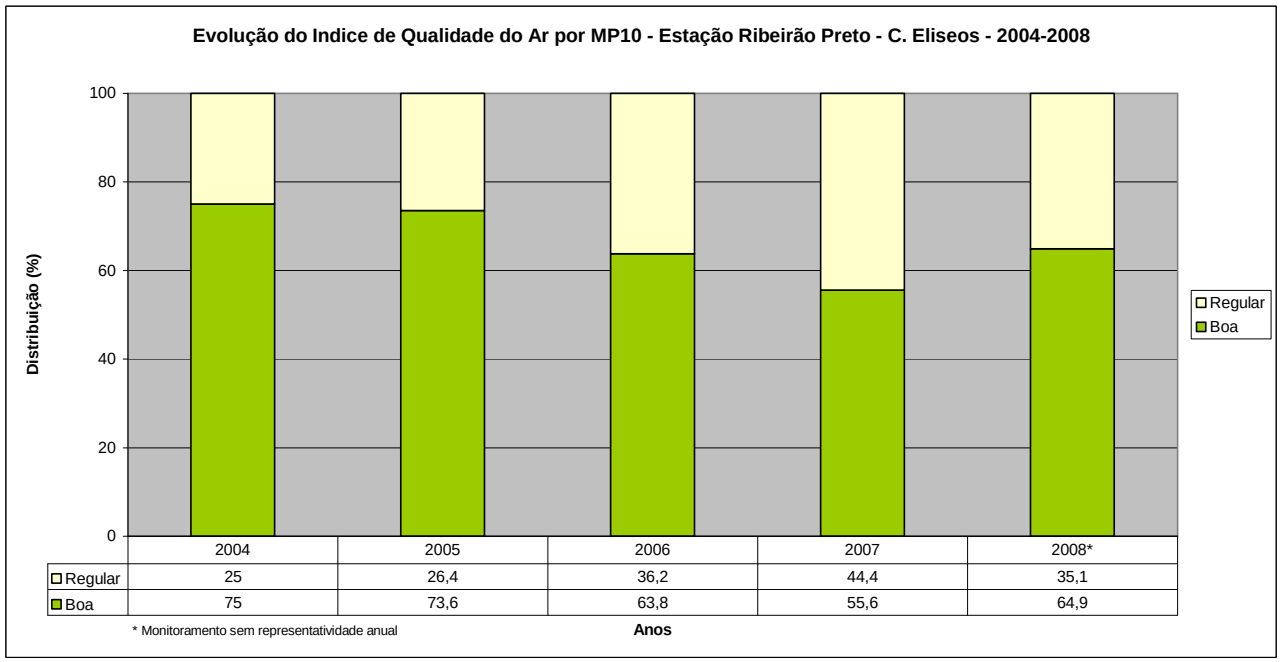


GRÁFICO 10.1.11.2.6-2: Evolução do Índice de Qualidade do Ar por MP_{10} na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



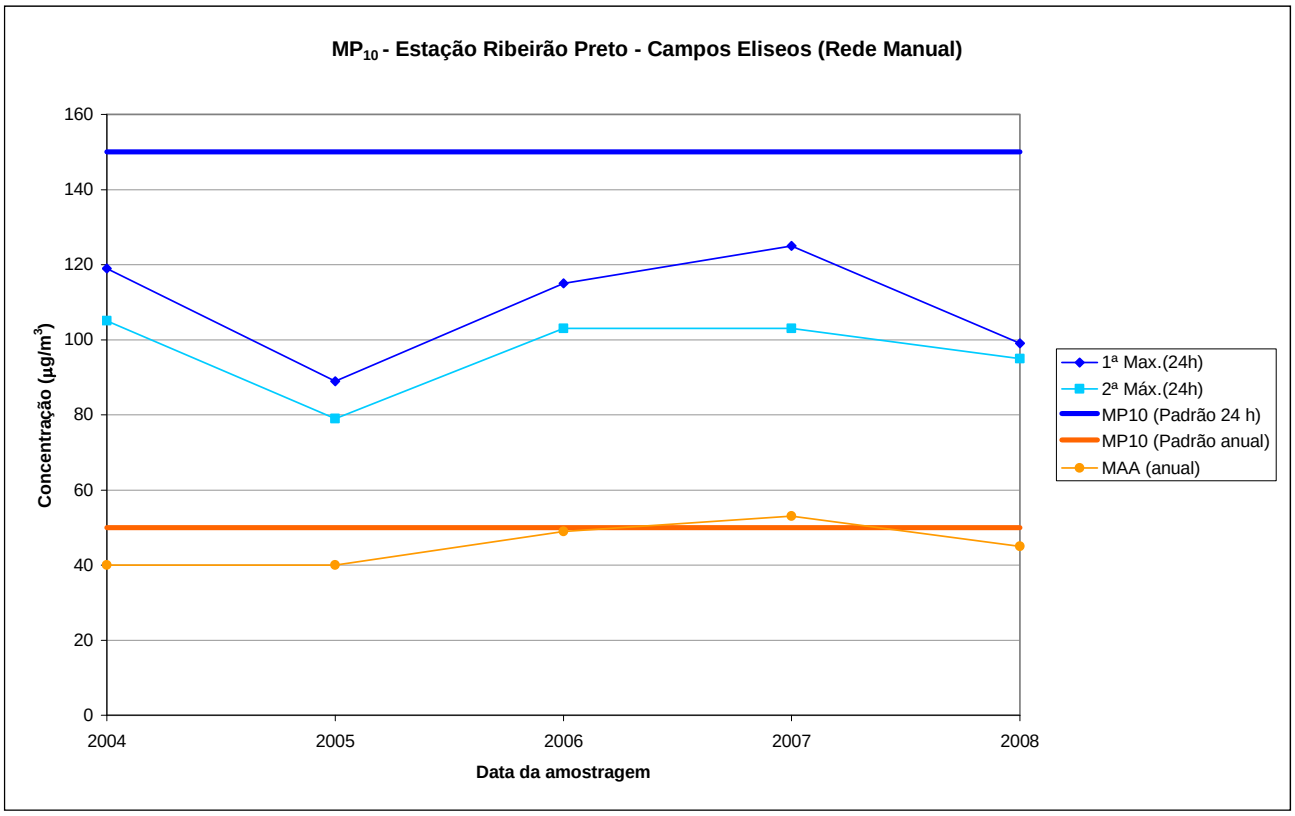
Evolução da Qualidade do Ar no período de 2004 a 2008

As evoluções das concentrações verificadas para os diferentes poluentes monitorados em Ribeirão Preto no período de 2004 a 2008 são apresentados nos gráficos a seguir, nas quais foram considerados os dados de concentrações máximas (primeira e segunda) de curto prazo (horárias ou diárias) e de médias anuais obtidos nas estações medidoras da rede de monitoramento da Cetesb e divulgados anualmente como Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.

ESTAÇÃO RIBEIRÃO PRETO – CAMPOS ELÍSEOS (REDE MANUAL)

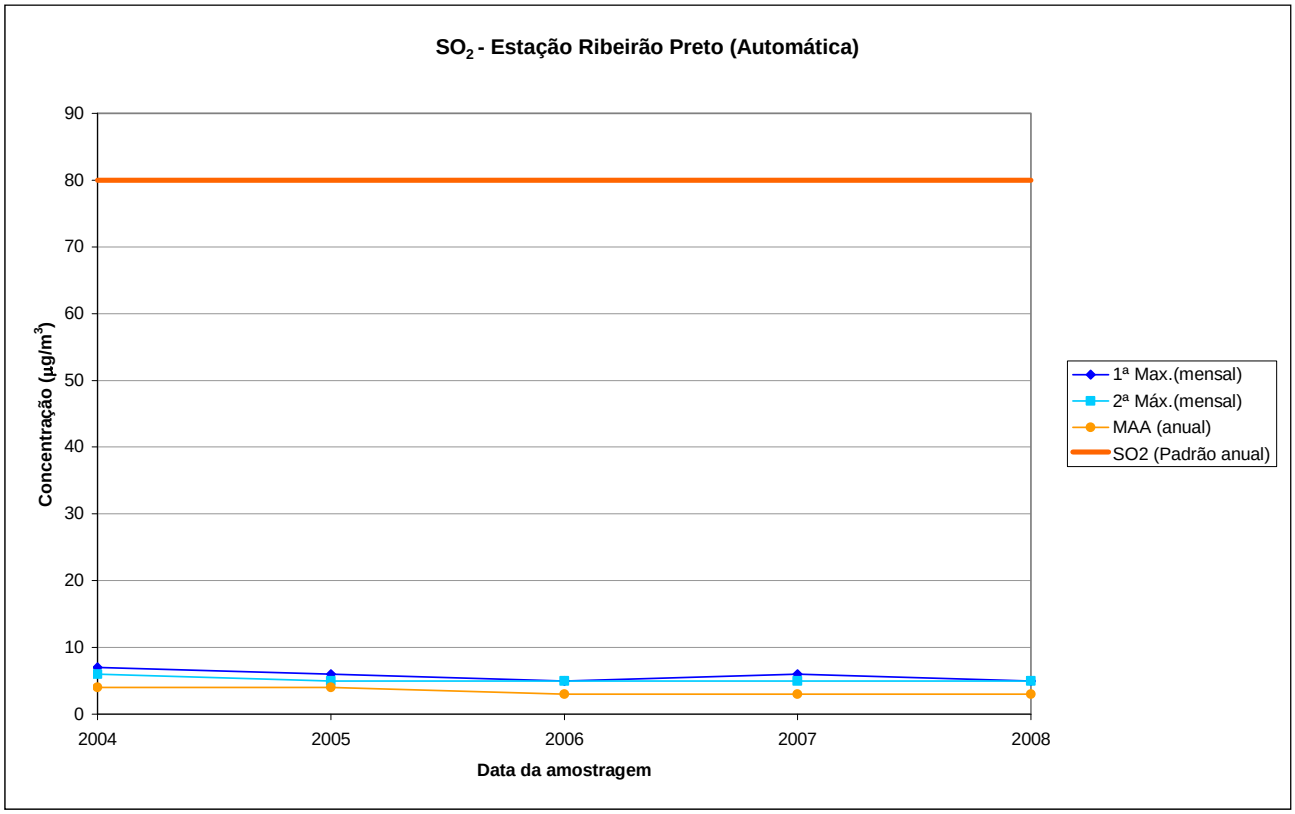
O **Gráfico 10.1.11.2.6-3** mostra os resultados verificados na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos para Partículas Inaláveis (MP_{10}). Todos os resultados de curto prazo (primeira e segunda máximas de 24 h) no período de 2004 a 2008 estão enquadrados no limite de 150 $\mu g/m^3$ fixado como padrão primário e secundário para este poluente. Quanto às concentrações médias anuais pode-se verificar que a média anual de 2007 (53 $\mu g/m^3$) ultrapassa ligeiramente o padrão anual (primário e secundário) de 50 $\mu g/m^3$. No gráfico, pode-se ainda observar a ocorrência de pequenas oscilações, com valores maiores em 2004, 2006 e 2007 e menores em 2005 e 2008.

GRÁFICO 10.1.11.2.6-3: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Ainda nesta estação é realizado o monitoramento de Dióxido de Enxofre (SO_2) por amostragem passiva com exposição de 30 dias. A evolução dos resultados é apresentado no **Gráfico 10.1.11.2.6-4**, mostrando que as concentrações médias máximas mensais que variam de 5 a 7 $\mu g/m^3$, com médias anuais de 3 e 4 $\mu g/m^3$, encontram-se muito abaixo dos padrões de 365 $\mu g/m^3$ para 24 h e média anual de 80 $\mu g/m^3$.

GRÁFICO 10.1.11.2.6-4: Evolução das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO_2) na Estação Ribeirão Preto – Campos Elíseos no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



ESTAÇÃO RIBEIRÃO PRETO (REDE AUTOMÁTICA)

O **Gráfico 10.1.11.2.6-5** mostra os resultados verificados na Estação Ribeirão Preto para Partículas Inaláveis (MP_{10}). Todos os resultados de curto prazo (primeira e segunda máximas de 24 h) no período de 2004 a 2008 estão enquadrados no padrão primário e secundário de 150 $\mu g/m^3$ fixado para este poluente. Também as concentrações médias anuais se apresentam com valores abaixo do padrão anual (primário e secundário) de 50 $\mu g/m^3$, apesar da média de 2007 ter atingido valor (48 $\mu g/m^3$) muito próximo deste limite. Na gráfico pode-se observar a ocorrência de oscilações, com valores baixos registrados em 2006.

Ainda na Estação Ribeirão Preto, é realizado o monitoramento contínuo de Ozônio (O_3), cuja evolução dos resultados é mostrado no **Gráfico 10.1.11.2.6-6**, onde se pode verificar que as concentrações máximas de 1 h de 2004 (187 e 185 $\mu g/m^3$, respectivamente a primeira e segunda máxima), de 2007 (175 e 169 $\mu g/m^3$) e ainda a primeira máxima de 2005 (166 $\mu g/m^3$) ultrapassaram o padrão horário de 160 $\mu g/m^3$. Apesar das oscilações, com resultados de 2006 e 2008 abaixo do padrão, pode-se esperar por problemas de qualidade do ar na região relacionado a este poluente.

GRÁFICO 10.1.11.2.6-5: Evolução das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) na Estação Ribeirão Preto no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)

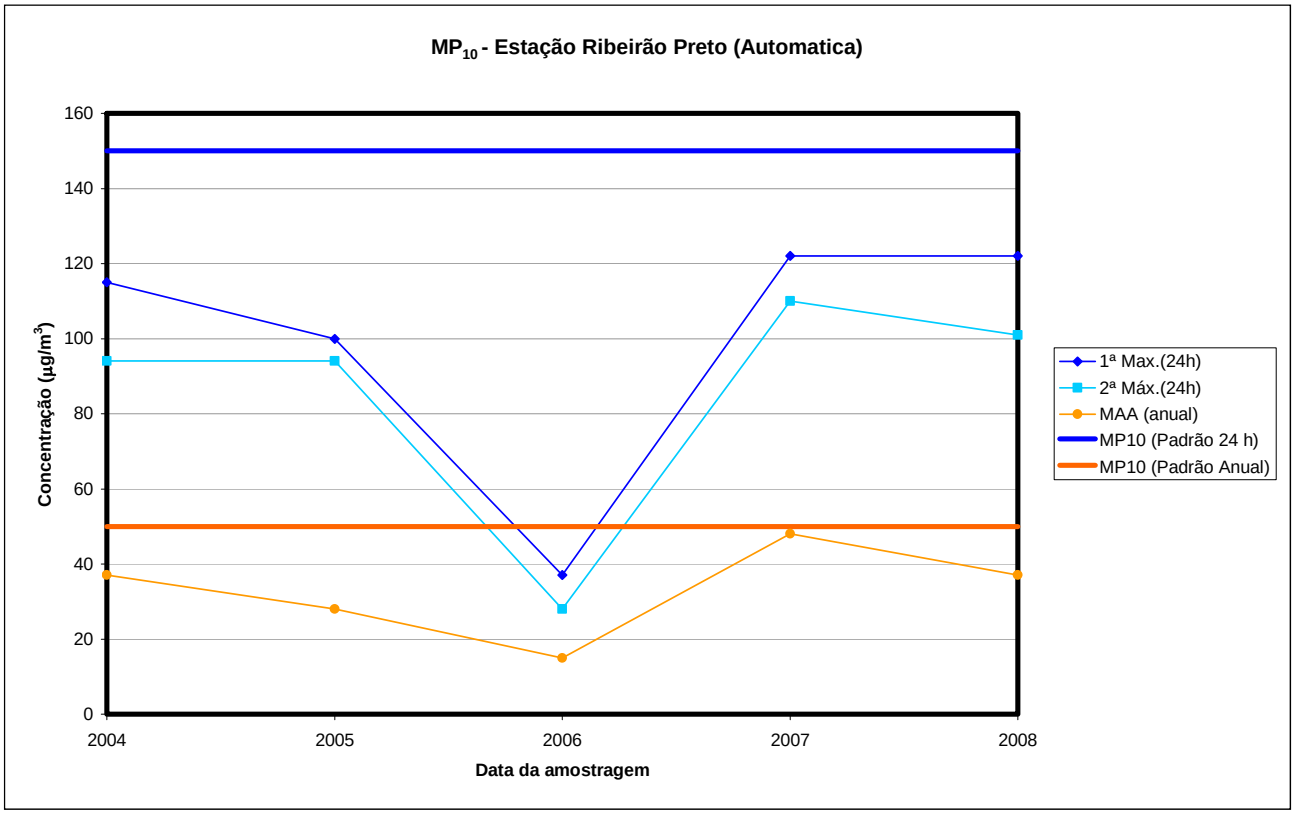
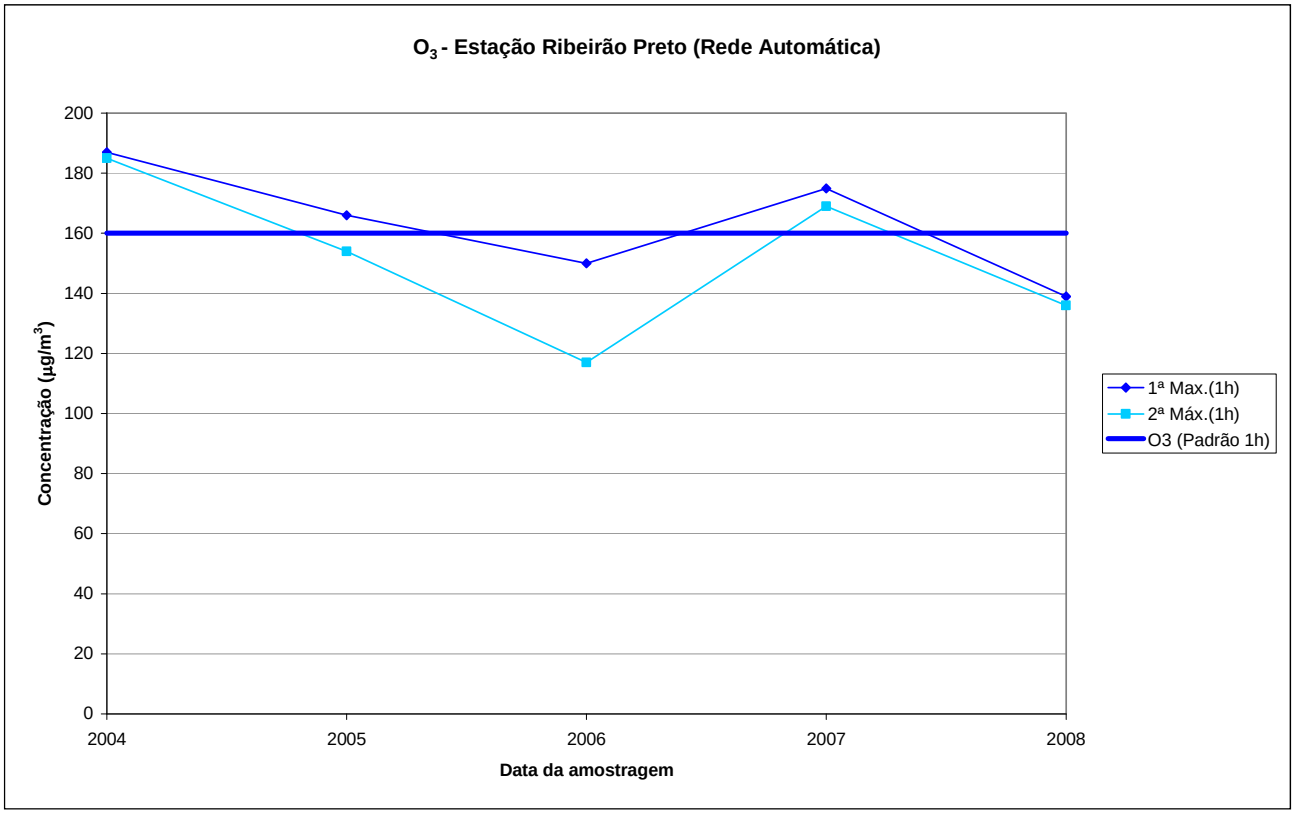


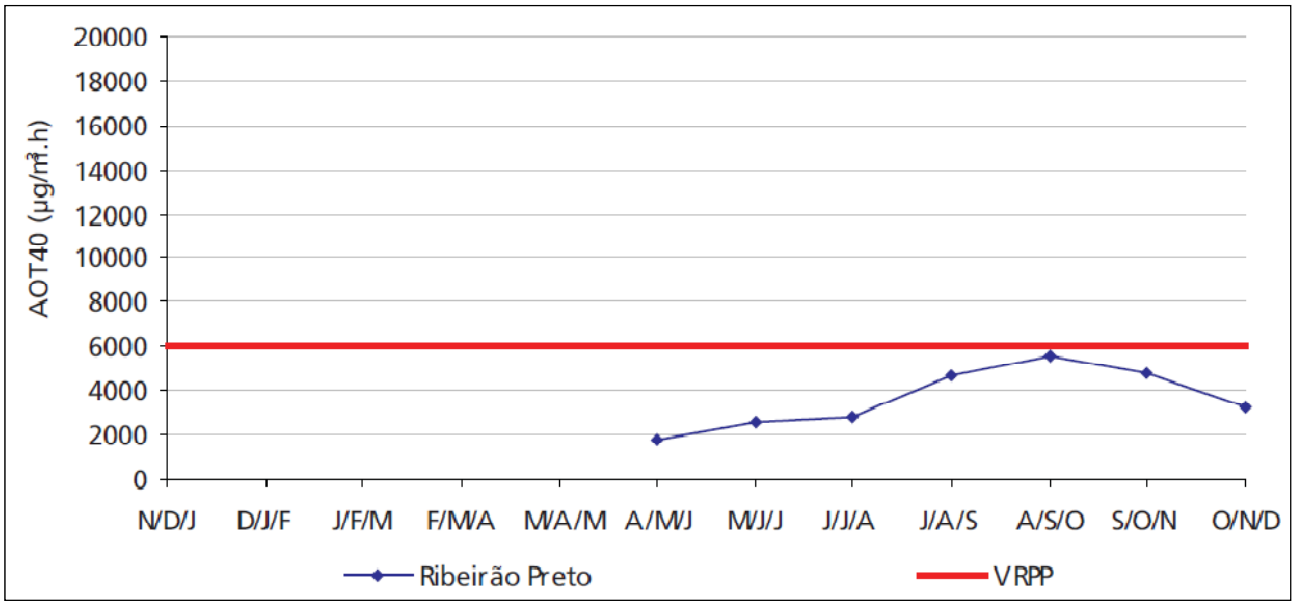
GRÁFICO 10.1.11.2.6-6: Evolução das concentrações de Ozônio (O_3) na Estação Ribeirão Preto no período de 2004 a 2008 (Cetesb, 2009)



Resultados de AOT40 Trimestral em Comparação com o Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP)

O **Gráfico 10.1.11.2.6-7** apresenta os valores de AOT40 calculados trimestralmente para 2008 com base nos dados de Ozônio gerados pela estação de monitoramento de Ribeirão Preto, comparados com o Valor de Referencia para Proteção da Produtividade (VRPP) de 6.000 μg/m^3.h. Em 2008, em função dos critérios de representatividade dos dados obtidos, foram calculados apenas sete valores, sendo que o maior valor de 5.590 μg/m^3.h foi registrado no trimestre Agosto/Setembro/Outubro.

GRÁFICO 10.1.11.2.6-7: Resultados de AOT40 trimestrais de 2008 na Estação Ribeirão Preto (Cetesb, 2009)



Níveis de saturação da Qualidade do Ar da região

No **Quadro 10.1.11.2.6-3** é apresentada a classificação dos municípios vizinhos da região pertencentes ao Ugrhi4 e municípios adjacentes quanto ao grau de saturação da qualidade do ar, de acordo com o enquadramento constante da Resolução SMA 061/2009 em atendimento ao disposto no Decreto 52.469/07.

Como se pode ver na tabela, o Município de Ribeirão Preto é classificado como Saturado-Moderado por Material Particulado e também como Saturado-Moderado por Ozônio. Em função dos resultados do monitoramento de Ozônio em Ribeirão Preto, outros 16 municípios vizinhos (parte ou no todo com distancia menor que 30 km), incluindo o Município de Serrana, estão também enquadrados nesta categoria.

QUADRO 10.1.11.2.6-3: Classificação dos municípios de Ribeirão Preto, Serrana e municípios vizinhos da Ugrhi 4 no grau de saturação da qualidade do ar (Resolução SMA 061, 2009)

Municipio	Parametro					Município monitorado para O_3
	MP	SO_2	CO	NO_2	O_3	
Ribeirão Preto	SAT-MOD	NS			SAT-MOD	Ribeirão Preto
Serrana					SAT-MOD	Ribeirão Preto
Altinopolis					SAT-MOD	Ribeirão Preto
Brodowski					SAT-MOD	Ribeirão Preto
Cravinhos					SAT-MOD	Ribeirão Preto
Serra Azul					SAT-MOD	Ribeirão Preto

MP – material particulado
SO_2 – dióxido de enxofre
CO – monóxido de carbono
NO_2 – dióxido de nitrogênio
O_3 – Ozônio
SAT-MOD – área saturada moderado
NS – área não saturada

Conclusão

Em 2008 não ocorreram ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar nas estações de Ribeirão Preto. Contudo, face aos resultados registrados, principalmente em 2007, o município foi enquadrado como Saturado-Moderado por Material Particulado e Ozônio. Esta ultima classificação também se estendeu a outros municípios vizinhos, incluindo Serrana.

10.1.11.2.7 Grau de Saturação de O^3 nas Regiões dos terminais e Emissões Atmosférica

O Projeto Uniduto irá movimentar etanol nos terminais Guarujá, Caieiras, Anhembi, Botucatu, Santa Bárbara, Paulínia e Serrana, eventualmente gasolina nos terminais RMSP (Caieiras), Santa Bárbara e Paulínia. A movimentação de biodiesel nos terminais Anhembi, Botucatu, Santa Bárbara e Serrana está vinculada a uma oportunidade futura de negócio. O sistema dutoviário será abastecido por transporte rodoviário, transporte ferroviário e transporte hidroviário, este último apenas no terminal Anhembi.

Conforme o Estudo de Emissões Atmosféricas do Projeto Uniduto desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL, as emissões produzidas serão de caráter evaporativo e fugitivo, constituídas, basicamente, de compostos orgânicos voláteis (COV). As atividades geradoras de emissões compreenderão o armazenamento em tanques (emissão evaporativa), o escoamento por acessórios de tubulações (emissão fugitiva), e o carregamento de caminhões e navios.

A dutovia deverá movimentar um máximo de 5,9 milhões m³/ano em 2011 e 16,6 milhões m³/ano em 2022. As movimentações máximas nos terminais previstas para esses anos são apresentadas no **Quadro 10.1.11.2.7-1** a seguir.

QUADRO 10.1.11.2.7-1: Movimentações de etanol nos terminais, nos anos de 2011 e 2022.

Terminais	Movimentação de etanol (10^3m^3)	
	2011	2022
Anhembi	3.625	9.778
Botucatu	1.271	5.835
Caieiras	5.117	15.440
Guarujá	2.829	11.834
Paulínia	813	1.187
Santa Bárbara d'Oeste	5.930	16.627
Serrana	1.696	4.532

O estudo desenvolvido considerou, apenas, as estimativas de emissões de COV decorrentes da movimentação de etanol, com a mesma movimentação anual sendo realizada pelo transporte rodoviário, feitas com base nos protocolos de estimativa de emissões da EPA – *Environmental Protection Agency*.

Visou-se demonstrar as vantagens da implantação do sistema dutoviário, estimando-se a redução das emissões com a implantação do mesmo, com a possibilidade de utilização e geração de créditos de emissão de COV conforme o previsto no artigo 3° do Decreto N° 52.469/2007, com prazo para aplicabilidade para o período 28 de abril de 2006 até 31 de dezembro de 2012.

O Decreto 52.469/07, no seu artigo 42-A, estabelece que fontes novas de poluição que se localizarem em regiões saturadas (SAT) ou em vias de saturação (EVS) e que resultarem num acréscimo de emissões acima da linha de corte serão obrigadas não só a utilizar nos seus processos e equipamentos, sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível, como também a compensar em 110% e 100%, respectivamente, as emissões atmosféricas adicionadas dos poluentes que causaram esses estados.

Essa classificação do grau de saturação, conforme a Resolução SMA 61/09 de 21/08/2009, é apresentada no **Quadro 10.1.11.2.7-2** a seguir, para os municípios onde serão implantados os terminais da dutovia.

QUADRO 10.1.11.2.7-2: Grau de saturação dos municípios dos futuros terminais da dutovia de acordo com a Resolução 61/09.

Municípios	Grau de Saturação (O_3)
Guarujá	Saturada Sério
Caieiras (terminal da RMSP)	Saturada Severo
Anhembi	Não Saturada
Botucatu	Não Saturada
Santa Bárbara d'Oeste	Saturada Sério
Paulínia	Saturada Sério
Serrana	Saturada Moderado

Como as operações da dutovia emitirão, apenas, compostos orgânicos voláteis precursores para a formação do ozônio, com base no Decreto 52.469/07 foi feito apenas para o COV, cuja linha de corte é de 40ton/ano. Em todos os terminais, as emissões ultrapassam a linha de corte, mas como os terminais Anhembi e Botucatu não estão saturados para ozônio, não haverá compensação de emissões atmosféricas nesses terminais.

De acordo com o mesmo decreto, a compensação das emissões de precursores de ozônio deve ser feita na mesma sub-região em que foi gerada, e caso o empreendimento esteja localizado em mais de uma sub-região, a compensação das emissões poderá ser efetuada em qualquer uma dessas sub-regiões. Para o Ozônio, a sub-região é o território compreendido pelos municípios que, no todo ou em parte, estejam situados a uma distância de até 30km da estação de monitoramento da qualidade do ar.

O **Quadro 10.1.11.2.7-3** a seguir traz a classificação dos municípios saturados, nos trechos atravessados pela dutovia entre os terminais, quanto às sub-regiões pertencentes, segundo a Resolução SMA 61/09 de 21/08/2009.

QUADRO 10.1.11.2.7-3: Classificação dos municípios das sub-regiões quanto ao grau de saturação para ozônio e sub-região

Município	Grau de Saturação (O_3)	Sub-região
Trecho RMSP-Guarujá		
Guarujá	Saturada Sério	Cubatão
Santos	Saturada Sério	Cubatão
Cubatão	Saturada Sério	Cubatão
São Bernardo do Campo	Saturada Severo	Diadema, Mauá, Santo André, São Caetano do Sul, São Paulo
Diadema	Saturada Severo	Diadema, Mauá, Santo André, São Caetano do Sul, São Paulo
São Paulo	Saturada Severo	Diadema, Jundiaí, Mauá, Santo André, São Caetano do Sul, São Paulo
Caieiras	Saturada Severo	Diadema, Jundiaí, São Caetano do Sul, São Paulo
Trecho Santa Bárbara-RMSP		
Caieiras	Saturada Severo	Diadema, Jundiaí, São Caetano do Sul, São Paulo
Franco da Rocha	Saturada Severo	Jundiaí, São Paulo
Jundiaí	Saturada Severo	Jundiaí, São Paulo
Itapeva	Saturada Sério	Jundiaí, Paulínia
Campinas	Saturada Sério	Americana, Jundiaí, Paulínia
Hortolândia	Saturada Sério	Americana, Paulínia
Sumaré	Saturada Sério	Americana, Paulínia
Santa Bárbara	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Trecho Santa Bárbara-Anhembi		
Santa Bárbara	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Piracicaba	Saturada Moderado	Americana, Piracicaba
Anhembi	Não Saturada	-
Trecho Santa Bárbara-Paulínia		
Santa Bárbara	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Americana	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Nova Odessa	Saturada Severo	Americana, Paulínia
Sumaré	Saturada Sério	Americana, Paulínia
Paulínia	Saturada Sério	Americana, Paulínia

QUADRO 10.1.11.2.7-3: Classificação dos municípios das sub-regiões quanto ao grau de saturação para ozônio e sub-região

Município	Grau de Saturação (O_3)	Sub-região
Trecho Serrana-Santa Bárbara		
Santa Bárbara	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Americana	Saturada Sério	Americana, Paulínia, Piracicaba
Limeira	Saturada Severo	Americana, Piracicaba
Cordeirópolis	Saturada Moderado	Americana, Piracicaba
Araras	Saturada Moderado	Americana
São Simão	Saturada Moderado	Ribeirão Preto
Cravinhos	Saturada Moderado	Ribeirão Preto
Serrana	Saturada Moderado	Ribeirão Preto

As cidades a ser utilizadas para compensação de cada terminal, considerando a sub-região dos terminais, são apresentadas no **Quadro 10.1.11.2.7-4** a seguir.

QUADRO 10.1.11.2.7-4: Emissões de COV (ton/ano) a ser compensadas na dutovia

Terminais	Cidades consideradas na compensação da emissão de COV
Caieiras	Itupeva, Jundiaí, Franco da Rocha, Caieiras, São Paulo, Diadema, São Bernardo do Campo
Guarujá	Cubatão, Santos, Guarujá
Paulínia	Paulínia, Sumaré
Santa Bárbara d'Oeste	Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, Araras, Cordeirópolis, Limeira, Americana, Hortolândia, Campinas, Nova Odessa
Serrana	Serrana, Cravinhos, São Simão

10.1.12 RUÍDOS E VIBRAÇÕES

10.1.12.1 NÍVEIS DE RUÍDOS

Métodos de Trabalho

No Brasil, as questões relacionadas ao ruído são tratadas pela Resolução Conama 001/90, que agrega a norma NBR-10151/revisão 2000 – "Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade" da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A avaliação do ruído é feita por comparação entre o nível de pressão sonora equivalente (Leq) e o nível de critério de avaliação do ruído de fundo estabelecido pela citada norma, em decibéis, conforme o quadro a seguir.

Tipo de área	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área predominantemente industrial	70	60

A mesma norma cita que, quando o nível de ruído ambiente (ruído de fundo) superar os níveis máximos permissíveis, assume-se o mesmo como aquele que caracteriza a área em estudo. Entende-se como ruído de fundo, a média dos níveis de ruído mínimo no local e no período considerados, na ausência da fonte emissora em questão.

Para se avaliar o incômodo provocado, observa-se o critério da NBR 10151/1987 (**Quadro 10.1.12.1-1**), que avalia o ruído com relação à expectativa de resposta da comunidade quando o nível sonoro ultrapassa o nível de critério. Assim, comparando-se o parâmetro dos níveis sonoros medidos e calculados – L_{eq} dB (A) – com os limites estabelecidos pela NBR 10151/2000, estima-se uma reação pública caso ocorram excedentes ao nível de critério nas moradias das localidades vizinhas.

QUADRO 10.1.12.1-1: Resposta estimada das comunidades ao ruído (NBR 10151/1987)

Valor em dB(A) pelo qual o nível sonoro corrigido ultrapassa o nível de critério	Resposta estimada da comunidade	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito enérgicas	Ação comunitária vigorosa

10.1.12.1.1 Área de Influência Direta (ADA)

Fase de Implantação do empreendimento

Nessa fase, prevê-se a operação de máquinas com motor a diesel como guindastes, tratores, escavadeiras e caminhões diversos, inclusive betoneiras em operação de bombeamento de concreto, durante os períodos diurno e noturno.

A locação de tais equipamentos não é fixa durante todo o período de obras. Assim, para efeito de previsão de impacto, considera-se as distâncias do empreendimento aos receptores.

Para estimativa dos níveis sonoros de alguns tipos de máquinas utilizados nessa fase, foram quantificados os níveis de ruído a seguir, equivalentes a 50m, conforme consta de *sites* de obras.

Tipo de equipamento	L_{eq} (Nível médio equivalente)
Guindaste	76.1dB(A)
Caminhão Betoneira	72.3dB(A)
Escavadeira	76.7dB(A)

OBSERVAÇÕES

- Como as máquinas e caminhões com distintos estados de conservação podem apresentar variabilidade nos níveis de ruído, as medições correspondem aos níveis mais restritivos observados.

- As medições foram realizadas em obras semelhantes, com os veículos em condições normais de operação, ou seja, máquinas estacionadas e/ou em movimento no interior da obra, trafegando em baixa velocidade (aprox. 30km/h).

RUÍDO GERADO PELO TRÁFEGO LOCAL DE VEÍCULOS (ENTRADA E SAÍDA DE CAMINHÕES)

Na fase de obra, é significativa a movimentação de veículos para a retirada da terra escavada e o transporte dos dutos a ser instalados.

A projeção do ruído no entorno das obras, resultante da passagem de caminhões betoneira e veículos em geral, pode ser estimada pela fórmula a seguir, considerando-se um total de passagens/dia que potencialize o impacto do ruído de passagens num período total de uma hora. Obtém-se, assim, o nível equivalente – L_{eq} em dB(A) – calculado para o período total de 20 horas em cada ponto de teste.

$$L_{eq} = 10 \text{ Log } \{ 1/20 [\sum_{i=1} 10^{80,1/10} + \sum_{i=1} 10^{50,1/10}] \}$$

L_{eq} = 67.0dB(A)

Observação: Os níveis de ruído de 80,1dB(A) e 50,1dB(A) correspondem, respectivamente, aos maiores níveis de ruído de passagem dos veículos considerados.

O Decaimento dos níveis obtidos leva em consideração os parâmetros da tabela abaixo:

DECAIMENTO	
M	dB(A)
50	10,5
100	16,5
200	22,5
300	20,0
400	28,5
500	30,5
600	32,0
700	33,4
800	34,5
900	35,6
1000	36,5
1500	40,0
2000	42,5
2500	44,4
3000	46,0

Decaimento em função da distância, ou seja, a cada X metros, o nível sonoro cai proporcionalmente. A 100 metros 67,0dB(A) seria 50,5 em campo livre.

O mesmo valeria para as máquinas e equipamentos a ser utilizados na obra.

- Atenuação do ruído pela absorção do ar

  O ar não configura um meio perfeitamente elástico. Assim, a absorção sonora nesse meio estático e isotrópico é consequência de dois processos:

  - Combinações de efeitos da viscosidade e condução de calor durante o ciclo de pressão da onda acústica.
  - Dissipação de energia no processo de relaxação vibratória das moléculas de O_2, que depende da umidade, temperatura e pressão.

  A atenuação é dependente da frequência. A resultante é dada em dB/m e pode chegar a 25dB/Km para uma frequência de 2000Hz, a uma temperatura de 10º, C e umidade relativa do ar de 50%.

- Atenuação do ruído pela vegetação

  A vegetação pode atenuar o ruído, em função do tipo de folhagens, sua densidade, altura, etc. A atenuação pela vegetação também varia em função da frequência emitida pela fonte sonora. Assim, por exemplo, áreas com folhagem densa produzem atenuação das altas frequências. Para a faixa de 1.000hz, pode-se ter:

  - Plantações de pinhos podem atenuar na faixa de 20dB/100m.
  - Folhagens densas atenuam na faixa de 8dB/100m
  - Árvores duras atenuam na faixa de 15dB/100m

Com relação ao tipo e densidade da vegetação, são considerados os seguintes parâmetros:

- Quando não é possível enxergar através da vegetação, ou seja, quando o caminho da transmissão é visualmente bloqueado, o grupo de árvores e arbustos é considerado denso.

- Se ocorrerem diversos grupos de árvores e arbustos consecutivos ao longo da linha de transmissão da vibração, considera-se o número máximo de 04 grupos como influentes na atenuação, desde que cada grupo bloqueie visualmente a transmissão.

- Uma floresta densa é considerada como conjunto de grupos, e a cada 50m de rota de transmissão considera-se um grupo.

- A altura da vegetação deve exceder a amplitude da rota de transmissão curva, em pelo menos 1m.

Face ao exposto, verifica-se que o potencial incômodo gerado na fase de obra não seria significativo, pois em campo livre ele já estaria controlado a distâncias maiores. Caso exista vegetação no entorno da área de implantação ou qualquer outro tipo de barreira, não haveria incômodo para as populações vizinhas.

Fase de Operação do empreendimento

Na fase de operação do empreendimento, os níveis sonoros radiados por equipamentos usados ao longo da linha de dutos, como bombas elevatórias, não representariam problemas de incômodo, face às razões apresentadas na fase de implantação, quando as fontes sonoras existentes seriam muito mais significativas para a potencialidade de incômodo para os receptores situados no entorno da linha.

10.1.12.2 Níveis de Vibrações

Métodos de Trabalho

Ainda não se dispõe, no Brasil, de uma legislação específica para a produção de vibrações, que determine os limites e padrões ambientais a ser respeitados. Dessa forma, o diagnóstico que subsidia a avaliação do impacto ambiental decorrente de vibrações deve ser feito partindo-se do conceito básico de poluição: "alteração das condições naturais do meio, de modo a impedir ou prejudicar seu equilíbrio, podendo vir a causar prejuízos ecológicos ou às atividades humanas".

Nesse sentido, se a vibração não for perceptível, sua existência não implica em alteração ambiental. Mesmo sendo perceptível, somente se caracteriza como um impacto ambiental quando possuir intensidade tal que venha a causar incômodos à população (ou danos a estruturas e edificações).

Diversos estudos e normas visam determinar o grau de incomodo de vibrações sobre o ser humano e em construções. Dentre estes, o que se reproduz a seguir é de aplicação prática nos estudos ambientais, sendo adotado como critério básico de avaliação de impactos causados por vibrações.

TABELA - WHIFFIN A. C. & LEONARD D.R. (1971)		
Velocidade de partícula – pico – mm/s	Reação humana	Efeitos sobre construções as construções
0 - 0,15	Imperceptível pela população, não há incomodo	Não causam danos de nenhum tipo
0,15 a 0,30	Limiar de percepção – possibilidade de incômodo	Não causam danos de nenhum tipo
2,0	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas produzem incômodo na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de dano ás construções
10 – 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências
Observação: Os valores de velocidade – pico de partícula se referem ao componente vertical da vibração. A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde a vibração se localiza. Para edificações, o valor se refere à medição realizada no solo.		

Observação: As recomendações de níveis de vibração realçadas em azul são adotadas pela Cetesb nas avaliações de vibração induzidas à vizinhança.

Cumpre salientar que, em 07/11/2007, a Diretoria da Cetesb, através da Decisão nº. 216 publicada no D.O. de 26/03/2008, estabeleceu critérios para as ações de controle ambiental das atividades poluidoras que emitam vibrações continuas, definindo os limites de velocidade de vibração de partícula a ser considerados, conforme o quadro apresentado a seguir.

Limites de Velocidade de Vibração de Partícula – Pico (mm/s)		
Tipos de áreas	Diurno (7:00h às 20:00h)	Noturno (20:00h às 7:00h)
Áreas de hospitais, casas de saúde, creches e escolas	0,3	0,3
Áreas predominantemente residenciais	0,3	0,3
Áreas mistas, com vocação comercial e administrativa	0,4	0,3
Áreas predominantemente industriais	0,5	0,5

10.1.12.2.1 Área de Influência Direta (ADA)

Os níveis de vibração induzidos ao solo poderão apresentar, na fase de implantação do empreendimento, níveis dependentes das condições de movimentação de máquinas, equipamentos e veículos por questões de peso e porte, bem como tipo de calçamento por onde os mesmos irão transitar.

Na fase de operação, não se espera quase nenhuma sensibilidade dos receptores, face às características do fluxo na dutovia que irá operar de forma estática. Após a instalação dos dutos, sugere-se que sejam feitas medições sonoras e de vibração, principalmente em áreas de recepção próximas aos mesmos.

10.1.12.3 IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS RECEPTORES

Com o objetivo de avaliar preliminarmente a existência de potenciais receptores de ruídos ou vibrações foram caracterizadas as áreas do entorno dos terminais projetados, em termos de sua vocação para o uso do solo. Tal levantamento se restringiu às áreas dos terminais, sendo que, para a dutovia, os impactos relativos à geração de ruídos e vibrações estão relacionados às travessias de áreas urbanas. Para esses casos, os impactos serão avaliados e, eventualmente, serão propostas medidas mitigadoras no devido capítulo.

Foram considerados para o levantamento dos entornos dos terminais apenas os usos atuais dessas áreas e não possíveis expansões, tendo em vista que o potencial de geração de ruídos e vibrações está diretamente relacionado à etapa de implantação do empreendimento, sendo pouco significativo para a etapa de operação.

Com base nisto, seguem as avaliações das áreas de entorno dos terminais projetados.

Terminal Serrana

O entorno é caracterizado pela atividade agrícola (uso rural), estando a ocupação urbana mais próxima distante cerca de 4,0 quilômetros a leste (área urbana do município de Serrana).

Terminal Botucatu

Da mesma forma, se situa em área com uso predominantemente rural, com uma comunidade rural mais próxima distante cerca de 2,0 quilômetros a sudeste, às margens da rodovia.

Terminal Anhembi

Área com características rurais, com a existência de um terminal portuário na propriedade vizinha. Separada da área urbana do município pela represa, se situa cerca de 1,5 quilômetros da área urbana.

Terminal Santa Bárbara d' Oeste

Projetado sobre uma propriedade atualmente com uso agrícola, tendo como vizinhos uma atividade minerária que utiliza o método de desmonte com o uso de explosivos, além de um aterro sanitário situado do outro lado da rodovia. A área urbana mais próxima dista cerca de 2,3 quilômetros a leste, ocorrendo ao norte, no município de Limeira, dois condomínios, distantes cerca de 1,5 quilômetros do terminal projetado.

Terminal Paulínia

Projetado para uma área com uso diversificado, onde predominam no entorno imediato as atividades industriais e a atividade agrícola (a noroeste). A área urbana mais próxima se situa a cerca de 1,8 quilômetros a oeste do terminal projetado.

Terminal RMSP (Caieiras)

Situada às margens da Rodovia dos Bandeirantes, a propriedade do terminal projetado de Caieiras tem em seu entorno imediato empreendimentos industriais e áreas com uso agrícola (norte e leste). As áreas urbanas mais próximas se situam a oeste, do outro lado da rodovia, a cerca de 1,2 quilômetros (área urbana de Jordanésia e Condomínio Parque Residencial Jordanésia). A noroeste do terminal projetado, distante cerca de 600 metros, ocorre uma ocupação irregular de casas, ocorrendo entre a área do terminal projetado e a referida ocupação diversos galpões com uso industrial.

Terminal Guarujá

Projetado sobre uma propriedade atualmente com uso pastoril, tendo no entorno imediato áreas cobertas por vegetação nativa, outras áreas com vegetação rasteira e instalações de marinas e afins. As áreas urbanas mais próximas se situam ao norte do terminal projetado (Santa Cruz dos Navegantes / Pouca Farinha, cerca de 1,2 quilômetros) e a sudeste (Praia do Guaíba, cerca de 1,0 quilômetro), esta separada do empreendimento pelo Morro do Icanhema.

10.1.12.4 CONCLUSÕES

Concluindo, temos que o potencial de geração de ruídos e vibrações tem relação mais significativa com a fase de instalação do empreendimento. Quanto à operação, a eventual geração de ruídos estaria relacionada aos terminais, sendo desprezível a emissão de ruídos e vibrações ao longo da dutovia durante a sua operação.

Da análise das características do entorno das áreas dos terminais projetados conclui-se que, para a maioria dos casos, consistem de áreas com características rurais, eventualmente com vocação industrial, estando as áreas urbanizadas a distâncias significativas, não consistindo potenciais receptores à eventual geração de ruídos e vibrações.

10.1.13 INVESTIGAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS

10.1.13.1 INTRODUÇÃO

Passivo Ambiental representa toda e qualquer obrigação, de curto ou longo prazo, destinada a promover a extinção e/ou a recuperação de um dano causado ao meio ambiente.

De acordo com a Lei Estadual nº 15.577/2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, são considerados responsáveis legais e solidários pela prevenção, identificação e remediação de uma área contaminada aquele que causou a contaminação, aquele que tem o domínio da propriedade contaminada ou qualquer um que se beneficie direta ou indiretamente dessa degradação (vide artigo 13 da referida Lei).

Também conforme o artigo 43 da mesma Lei, em seu parágrafo 1º, responderá por infração ambiental aquele que *"por qualquer modo a cometer, concorrer para a sua prática ou dela se beneficiar"*.

A identificação de passivos ambientais tornou-se aspecto importante em negociações entre empresas, já que, pela responsabilização solidária, um empreendedor poderá ser responsabilizado pela degradação ambiental causada por terceiros. Identificar passivos ambientais tem sido aspecto importante na tomada de decisões, pois pode implicar investimentos de vulto para a sua remediação.

Para o caso do Projeto Uniduto, a intenção é diagnosticar a ocorrência de áreas degradadas ou contaminadas que possam gerar passivos ambientais, tanto nas áreas a serem atravessadas pela dutovia como nas áreas de instalação dos terminais, evitando assim eventuais restrições técnicas ou dificuldades no licenciamento do projeto.

10.1.13.2 MÉTODOS DE TRABALHO

O diagnóstico de ocorrência de áreas contaminadas se baseou no Cadastro de Áreas Contaminadas da Cetesb, assim como em levantamentos específicos para as áreas dos terminais projetados.

Comparando a localização das ocorrências cadastradas pela Cetesb em 2008 e 2009 com o traçado da dutovia foi possível avaliar a relação entre o projeto e tais áreas contaminadas. Com relação aos terminais, foram realizados trabalhos de investigação, já que a implantação do terminal projetado implicará a aquisição da propriedade e a responsabilidade sobre eventual passivo ambiental.

Devido à grande extensão do empreendimento, as investigações específicas se restringiram às propriedades dos terminais; além disso, a eventual ocorrência de área contaminada na área diretamente afetada pela dutovia poderia ser solucionada pelo desvio do traçado, mantendo a viabilidade ambiental do projeto.

10.1.13.3 PASSIVO AMBIENTAL AO LONGO DO TRAÇADO PROJETADO

Conforme citado anteriormente, apenas com o intuito de avaliar a eventual interferência do projeto com áreas contaminadas, foram projetadas em imagens obtidas pelo programa Google Earth os pontos constantes do Cadastro de Áreas Contaminadas da Cetesb referentes aos anos de 2008 e 2009.

Da análise dessas informações foi possível concluir que algumas regiões apresentam ocorrências em concentrações maiores, como as regiões de Cubatão, Paulínia e Região Metropolitana de São Paulo. Segue análise dos trechos do traçado com relação às ocorrências de áreas contaminadas cadastradas pela Cetesb.

10.1.13.3.1 Trecho Serrana–Santa Bárbara

Para este trecho, caracterizado basicamente por propriedades rurais, o Cadastro da Cetesb não identificou ocorrências nas proximidades do traçado; apenas ocorrem áreas cadastradas nas áreas urbanas de alguns municípios, como Rio Claro e Limeira, e consistem basicamente de postos de gasolina.

10.1.13.3.2 Trecho Santa Bárbara- Anhembi, Anhembi-Botucatu

Da mesma forma como o trecho anterior, este intervalo também é composto por propriedades rurais, com poucas ocorrências cadastradas junto à Cetesb e restritas aos centros urbanos, sem interferências com o projeto.

10.1.13.3.3 Trecho Santa Bárbara-Paulínia

Como era esperado, o cadastro da Cetesb apresenta diversas ocorrências de áreas contaminadas em Paulínia, principalmente voltadas ao Pólo Petroquímico (vide **Figura 10.1.13.3-1**). Contudo, com relação ao traçado projetado, apenas uma delas se encontra nas suas proximidades, conforme indica a **Figura 10.1.13.3-2**.

Tal ocorrência se refere à eventual contaminação de água subterrânea por infiltração de solventes aromáticos, sob responsabilidade da empresa Age Logística e Transportes Ltda., e se encontra em fase de investigação confirmatória. Na etapa de implantação da dutovia, tal ocorrência deverá ser detalhada a fim de evitar qualquer intervenção direta com a contaminação, caso venha a ser confirmada.



FIGURA 10.1.13.3-1: Localização das ocorrências cadastradas pela Cetesb nas proximidades do Polo Petroquímico de Paulínia, com relação ao terminal Paulínia projetado. A linha amarela indica a posição do traçado projetado para a dutovia, enquanto o polígono verde indica o terreno do terminal projetado. Notar que apenas uma ocorrência cadastrada se situa próxima ao traçado (ver detalhe na figura abaixo).



FIGURA 10.1.13.3-2: Vista detalhada da ocorrência cadastrada pela Cetesb com relação ao traçado projetado (linha amarela) e o terminal projetado (polígono verde).

10.1.13.3.4 Trecho Santa Bárbara–RMSP (Terminal RMSP (Caieiras))

O cadastro da Cetesb indica diversas ocorrências nesse trecho, principalmente nas áreas urbanas, relativas a postos de abastecimento de combustíveis. A ocorrência mais próxima do traçado projetado é o Aterro Sanitário Delta, no município de Campinas (vide **Figura 10.1.13.3-3**, que se encontra em fase de investigação detalhada e avaliação de risco de contaminações do solo, subsolo, águas superficiais e subterrâneas; os contaminantes investigados são metais e microbiológicos. Nesse ponto, o traçado está projetado sobre a faixa de domínio da rodovia Bandeirantes, evitando qualquer intervenção direta com a área eventualmente contaminada.



FIGURA 10.1.13.3-3: Ocorrência cadastrada no município de Campinas; a implantação da dutovia está projetada para a faixa de domínio da Rodovia dos Bandeirantes.

Outra ocorrência nesse trecho se situa nas proximidades do terminal projetado em Caieiras, conforme indica a **Figura 10.1.13.3-4**. Segundo o cadastro, trata-se de investigação confirmatória de eventual contaminação decorrente de disposição inadequada de material; os meios investigados são o solo, subsolo e água subterrânea, e os contaminantes PAHs e biocidas.

Por tratar-se de impacto sobre o solo com extensão localizada (disposição de resíduos) e, embora próximo, situado fora da área de interesse de implantação do terminal da RMSP (Caieiras), entende-se que a implantação do terminal pretendido não terá implicação com esse meio eventualmente contaminado. Quanto à água subterrânea, a implantação do terminal não terá influência direta sobre esse meio; além disso, para as áreas dos terminais foram realizadas investigações específicas, detalhando a qualidade desse meio, como será demonstrado na sequência.



FIGURA 10.1.13.3-4: Ocorrência cadastrada no município de Caieiras, próxima à área para a qual está projetado o terminal RMSP (Caieiras).

10.1.13.3.5 Trecho RMSP-Guarujá

Nesse trecho ocorrem diversas áreas cadastradas pela Cetesb, sendo a grande maioria referentes a contaminações por postos de abastecimento de combustíveis. Algumas ocorrências marcantes e bastante conhecidas se referem ao Aterro Sanitário Bandeirantes, em São Paulo, ao terminal de combustíveis da Petrobrás, em Barueri, além de diversas ocorrências em áreas urbanizadas ao longo do Rodoanel Oeste.

Em Itapecerica da Serra, o cadastro da Cetesb registra uma ocorrência de origem industrial (vide **Figura 10.1.13.3-5**), que trata de investigação detalhada do meio água subterrânea por contaminante não identificado na ficha cadastral. Embora não esteja prevista a intervenção direta sobre o meio água subterrânea, considerando a intervenção proposta para esse trecho (abertura de vala por método convencional), tal ocorrência deverá ser pesquisada no momento da implementação do projeto.



FIGURA 10.1.13.3-5: Ocorrência cadastrada no município de Itapecerica da Serra, nas proximidades do traçado projetado para a dutovia.

Para o restante do traçado projetado próximo ao trecho sul do Rodoanel não há ocorrências significativas, com exceção da área urbana do Riacho Grande, em São Bernardo do Campo.

Na Baixada Santista, existem diversas ocorrências cadastradas, principalmente de origem industrial, junto ao Pólo Petroquímico de Cubatão (vide **Figura 10.1.13.3-6**).

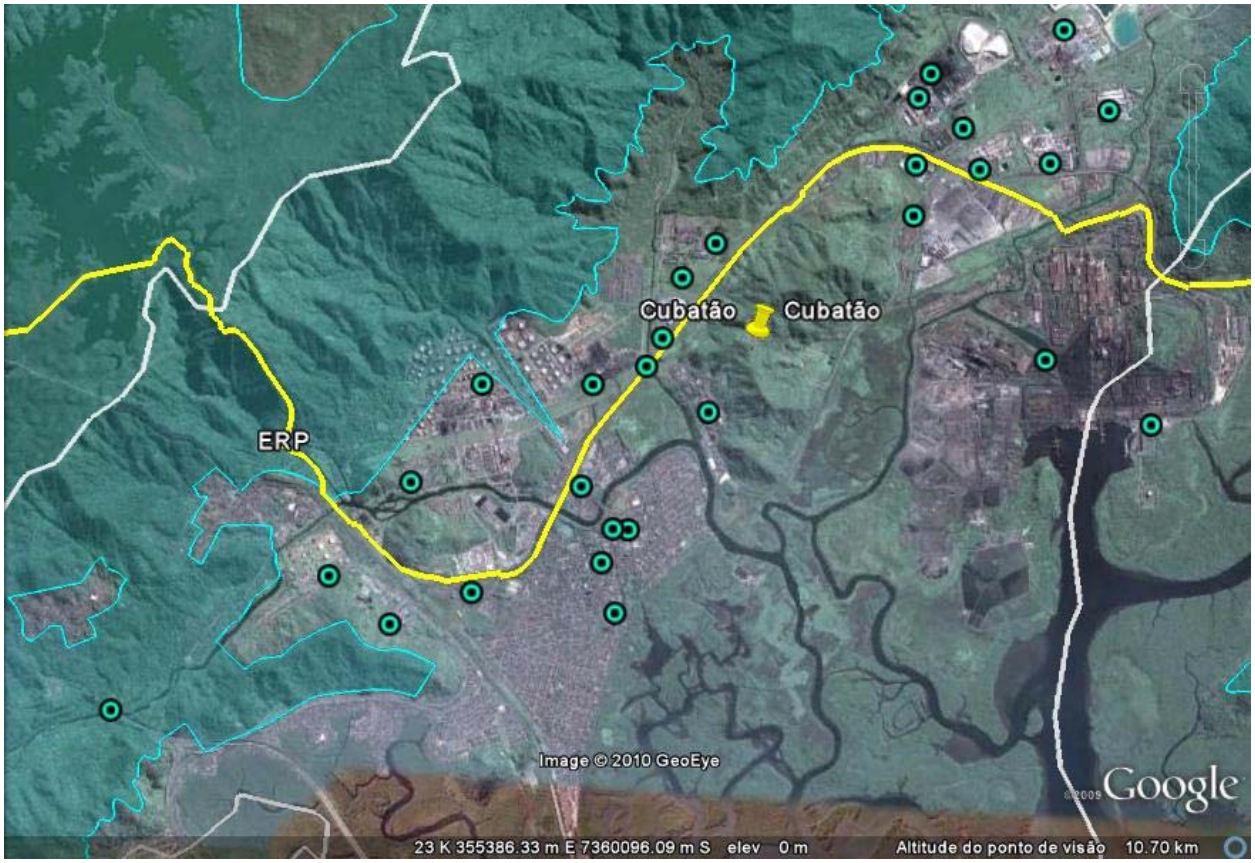


FIGURA 10.1.13.3-6: Ocorrências cadastradas na região do Polo Petroquímico de Cubatão; a linha amarela indica o traçado projetado da dutovia, nesse trecho ao longo da faixa de domínio da Rodovia Cônego Domênico Rangoni, município de Cubatão.

Entre as ocorrências cadastradas, as que teriam potencialmente alguma relação com o Projeto Uniduto, em termos de proximidade, são:

- *Rhodia Brasil Ltda.* – Rodovia Cônego Domênico Rangoni sobre o Rio Perequê (vide **Figura 10.1.13.3-7**)

Trata-se de contaminação de solo e água subterrânea por solventes halogenados que se encontra em fase de monitoramento da eficiência e eficácia das medidas de remediação implementadas (remoção de solo/resíduo e barreira hidráulica). Segundo a ficha cadastral, não há restrições à escavação no local.



FIGURA 10.1.13.3-7: Ocorrência cadastrada no município de Cubatão; a área está em fase de acompanhamento da eficácia das medidas de remediação, e não há restrições à escavação do solo segundo a ficha cadastral da Cetesb. A linha amarela indica o traçado projetado para a dutovia, nesse trecho, ao longo da faixa de domínio da Rodovia Cônego Domênico Rangoni.

- Votorantim Cimentos Brasil Ltda. (vide **Figura 10.1.13.3-8**)

Trata-se de ocorrência de contaminação de subsolo e água subterrânea por combustíveis líquidos e PAHs, em fase de investigação detalhada. Para este trecho está prevista a utilização da faixa de domínio, reduzindo a possibilidade de intervenção sobre esta área eventualmente contaminada.

- Mosaic Fertilizantes do Brasil S/A (vide **Figura 10.1.13.3-8**)

Trata-se de contaminação de solo, subsolo e água subterrânea por contaminantes inorgânicos, em fase de investigação detalhada e avaliação/gerenciamento de risco. Para este trecho está prevista a utilização da faixa de domínio, reduzindo a possibilidade de intervenção sobre esta área eventualmente contaminada.

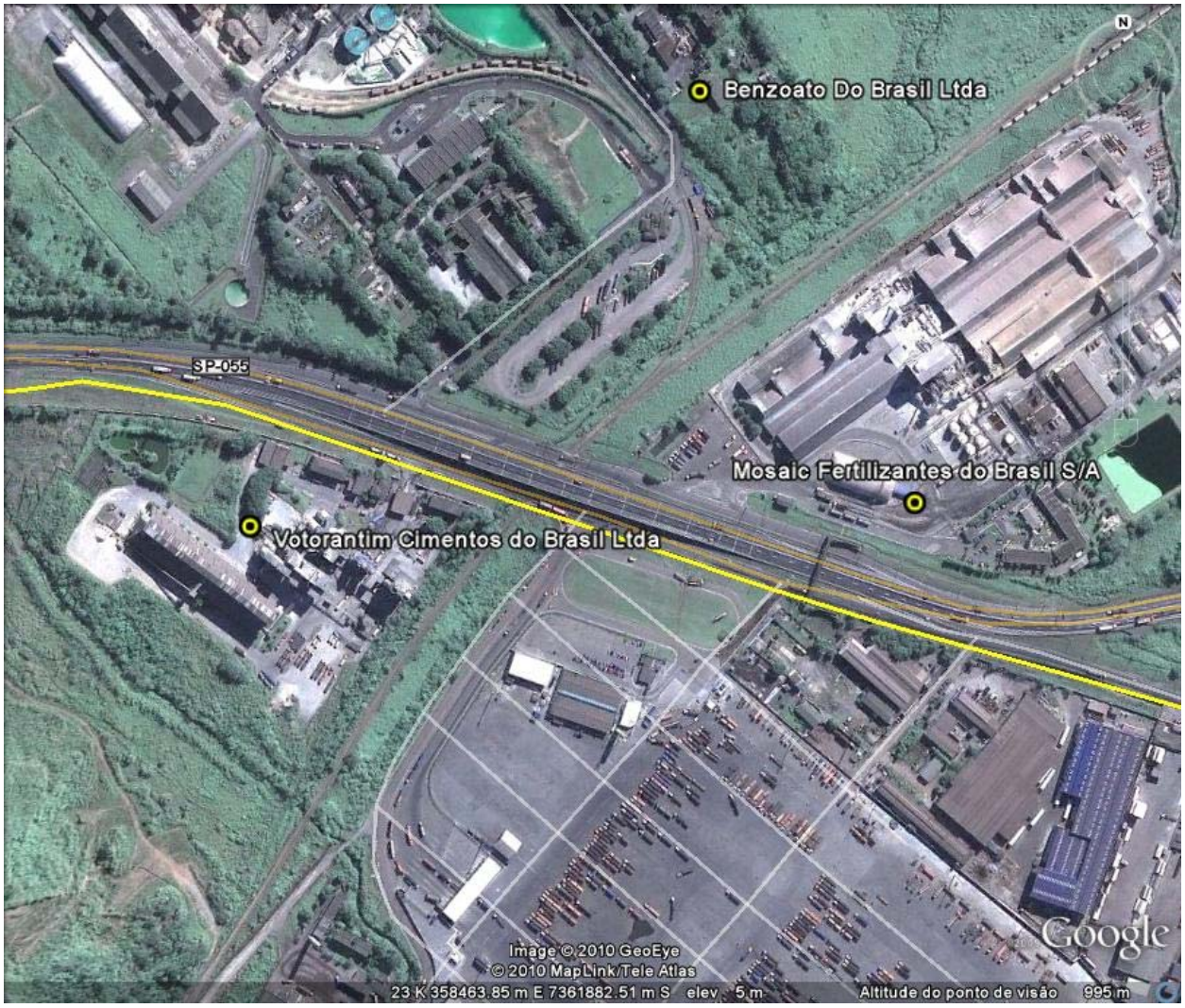


FIGURA 10.1.13.3-8: Ocorrências cadastradas no município de Cubatão, nas proximidades do traçado projetado para a dutovia (linha amarela). Para esse trecho, a implantação da dutovia está projetada para a faixa de domínio da Rodovia Cônego Domênico Rangoni.

Além desses pontos, há outras ocorrências de postos de abastecimento na área urbana do Guarujá (vide **Figura 10.1.13.3-9**), sobre as quais não são esperadas quaisquer intervenções pelo empreendimento.



FIGURA 10.1.13.3-9: Ocorrências cadastradas na Baixada Santista; notar que algumas ocorrências referentes a contaminações por postos de abastecimento de combustíveis se localizam nas proximidades do traçado projetado para a dutovia (linha amarela).

Feita a análise acima, lembramos que a maior parte do traçado no trecho onde se concentram as ocorrências cadastradas pela Cetesb se dará por faixa de domínio de rodovias, o que reduz muito a possibilidade de intervenção direta sobre essas eventuais contaminações. Outro aspecto, a ser avaliado melhor na proposição de medidas mitigadores, é a possibilidade de desvio do traçado, caso se confirme a intervenção sobre efetiva contaminação de alguma dessas áreas inseridas na Área Diretamente Afetada pelo empreendimento, ou seja, a confirmação de uma área contaminada no traçado projetado não inviabilizaria o empreendimento.

10.1.13.4 Passivo Ambiental nas Áreas dos Terminais Projetados

Com relação aos terminais projetados, por tratarem de intervenções de maior porte do que as referentes ao traçado, que envolvem aquisição de propriedades, para esses casos, além da análise do cadastro da Cetesb foram realizados estudos de investigação de passivo ambiental. Os dados dos relatórios dessas investigações compõem o **Anexo 17.X**.

10.1.13.4.1 Terminal Serrana

Para esta área especificamente, pelo fato de não existir evidente potencial de contaminação (avaliação preliminar), não foram realizadas investigações específicas.

10.1.13.4.2 Terminal Botucatu

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em realização de sondagens, instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras de solo, águas superficiais e subterrâneas, com as respectivas análises de laboratório. Tais atividades foram realizadas durante setembro e outubro de 2009.

As análises indicaram índices acima dos valores de intervenção para chumbo e níquel na água subterrânea, tendo sido recomendada, então, a elaboração de investigação ambiental detalhada e avaliação de risco para a determinação de valores específicos para a área de estudo.

Na sequência foram realizadas as etapas de Investigação Ambiental Detalhada e Avaliação de Risco RBCA Tier 2, conforme recomendado. Para tanto foram realizadas sondagens complementares com instalação de poços de monitoramento, com nova campanha de amostragens e análises de laboratório (dezembro/2009).

O resultado das análises indicou para uma amostra de solo índice de cobalto superior ao valor de intervenção da Cetesb, com risco para a via de exposição lixiviação do solo para a água e posterior ingestão de água subterrânea por receptores residenciais "*on-site*".

Quanto à água subterrânea, foram encontradas concentrações de bário, chumbo, manganês e níquel superiores aos valores de intervenção da Cetesb. Realizada a avaliação de risco, concluiu-se pela existência de risco de chumbo para dois poços de monitoramento, próximos aos quais existe um poço cacimba utilizado para diversos fins.

Dessa forma, foi recomendada a interrupção da utilização da água subterrânea proveniente do referido poço raso seguida de amostragem e análise de sua qualidade, uma vez que a mesma pode conter concentrações de cobalto e chumbo acima dos valores de intervenção utilizados pela Cetesb.

No caso de interesse em utilizar a água subterrânea para o Projeto Uniduto é recomendável a realização de estudos específicos sobre as características do solo assim como a elaboração criteriosa de projeto de aproveitamento do aquífero profundo local.

10.1.13.4.3 Terminal Anhembi

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em amostragem de solo e águas superficiais, com as respectivas análises de laboratório. Tais trabalhos foram realizados durante o mês de agosto de 2009.

As análises indicaram concentrações de bário no solo acima dos valores de intervenção agrícola AP-Max utilizados pela Cetesb, assim como concentrações na água superficial de alumínio, ferro e manganês acima do limite estabelecido pela resolução Conama 357; os índices de DBO e OD também se encontram fora dos padrões estabelecidos.

Esses resultados não configuram a ocorrência de passivo ambiental de área contaminada, mas indicam a má qualidade das águas superficiais do entorno (Rio Tietê).

Foi recomendado então o monitoramento semestral da qualidade do corpo d'água em questão visando acompanhar os parâmetros de qualidade dessas águas (DBO e OD) assim como as concentrações dos metais observados na investigação, medidas estas que farão parte de programa ambiental específico no EIA.

10.1.13.4.4 Terminal Paulínia

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras de solo, águas superficiais e subterrâneas, com as respectivas análises de laboratório. Tais atividades foram realizadas durante o mês de fevereiro de 2010.

As análises indicaram índices acima dos valores de intervenção da Cetesb para benzeno e xilenos totais na água subterrânea, assim como para os metais alumínio, chumbo, cobalto, ferro e manganês, caracterizando risco para esses parâmetros.

Para as águas superficiais, as análises indicaram concentrações acima dos respectivos valores de enquadramento da Resolução Conama n° 357 para os metais chumbo, ferro, manganês e níquel, além das substâncias benzeno e tolueno.

Na sequência foram realizadas as etapas de Investigação Ambiental Detalhada e Avaliação de Risco RBCA Tier 2, conforme recomendado. Para tanto foram realizadas sondagens complementares com instalação de poços de monitoramento, nova campanha de amostragens de solo e água subterrânea, seguida de análises de laboratório (abril/2010).

O resultado das análises das amostras de água subterrânea indicou uma concentração acima do valor de intervenção da Cetesb para os metais chumbo, ferro e manganês, além das substâncias benzeno e xilenos totais. Quanto à avaliação de risco, da comparação entre as concentrações detectadas e as concentrações máximas aceitáveis (CMA), somente a concentração de xilenos totais é que excedeu o respectivo CMA para risco tóxico, e somente para a via de exposição "inalação em ambientes fechados por receptores crianças na fonte de contaminação", situação esta não prevista na situação projetada, tanto pela inexistência de ambiente fechado na área da contaminação como pela inexistência de crianças no local.

Tudo isto posto, apesar de somente ocorrer configuração de risco para situação específica que não tem relação com o uso projetado, a recomendação é de promover o monitoramento analítico visando acompanhar as concentrações dos metais e das substâncias que ultrapassaram os índices de intervenção da Cetesb.

10.1.13.4.5 Terminal Santa Bárbara d'Oeste

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento e amostragem de solo, águas superficiais e subterrâneas, seguida de análises de laboratório. Tais trabalhos foram realizados durante o mês de agosto de 2009.

As análises das amostras de solo não indicaram a presença de substâncias ou metais em concentrações acima do valor de intervenção da Cetesb. Apenas xileno e naftaleno foram encontrados em algumas amostras, mesmo assim, abaixo dos níveis de intervenção.

As amostras de solo indicaram ainda a concentração de bário e cobalto acima do limite de intervenção agrícola da Cetesb.

Nas amostras de água superficial, os valores de DBO e nitrogênio amoniacal se encontram acima do padrão estabelecido pela resolução Conama nº 357 para corpos d'água classe I. Os valores de oxigênio dissolvido se encontram abaixo do mínimo estabelecido pela mesma resolução.

De forma complementar foi realizada avaliação de risco (RBCA *Tier* 2), com base em análise de novas amostras coletadas de solo, águas superficiais e subterrâneas.

As amostras de água não indicaram qualquer concentração acima dos limites de quantificação do laboratório.

Algumas amostras de solo indicaram valores de bário e cobalto acima dos valores de intervenção agrícola da Cetesb e também de intervenção industrial. Contudo, a avaliação de risco não indicou a existência de risco em nenhuma das vias de exposição consideradas no modelamento, que se baseou no uso pretendido para a área de estudo.

Portanto, foi recomendada apenas a adoção de um plano de gerenciamento para a construção e operação do terminal projetado, visando evitar eventual contaminação do local.

10.1.13.4.6 Terminal RMSP (Caieiras)

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento e amostragem de solo, águas superficiais e subterrâneas, seguida de análises de laboratório. Tais trabalhos foram realizados durante o mês de dezembro de 2009.

As amostras de solo não indicaram a presença de qualquer metal ou substância em concentrações superiores aos respectivos valores de intervenção.

Quanto à água subterrânea, foram identificados os metais alumínio, chumbo, ferro e manganês em concentrações superiores aos valores de intervenção da Cetesb. Quanto às águas superficiais, as concentrações de ferro e manganês excederam os valores mínimos estabelecidos pela Resolução Conama 357.

Foi realizada então investigação detalhada visando subsidiar uma avaliação do potencial risco à saúde humana decorrente dos valores obtidos na primeira etapa de investigação. Para tanto foram realizadas entre fevereiro e março de 2010 novas amostragens de solo e águas.

As amostras de água subterrânea apresentaram os metais alumínio, bário, chumbo, cobalto, ferro e manganês com concentrações acima dos valores de intervenção da Cetesb.

Foi realizada então avaliação de risco visando avaliar a possibilidade de existência de risco devido à presença dos referidos metais. Tal estudo demonstrou que as concentrações máximas aplicáveis calculadas não foram excedidas por nenhuma das substâncias analisadas nas amostras de água subterrânea.

Com isto, foi recomendada apenas a realização de monitoramento visando acompanhar as concentrações dos metais que ultrapassaram os valores de intervenção da Cetesb.

10.1.13.4.7 Terminal Guarujá

Foi realizada investigação confirmatória que consistiu em execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento e amostragem de solo, águas superficiais e subterrâneas, seguida de análises de laboratório. Tais trabalhos foram realizados durante o mês de maio de 2009.

A análise das amostras de solo indicou a presença de diversos metais, mas nenhum deles em concentrações superiores aos valores de intervenção da Cetesb para uso industrial.

Quanto à água subterrânea, foram identificados os metais alumínio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, ferro, manganês e níquel em concentrações superiores aos valores de intervenção da Cetesb. Quanto às águas superficiais, as concentrações de arsênio e ferro excederam os valores mínimos estabelecidos pela Resolução Conama 357 (águas salobras, classe I), assim como carbono orgânico total.

Foi realizada então, atendendo à recomendação, investigação detalhada e avaliação de Risco (RBCA *Tier* 2), visando subsidiar uma avaliação do potencial risco à saúde humana decorrente dos valores obtidos na primeira etapa de investigação. Para tanto foram realizadas entre junho e julho de 2009 novas amostragens de solo e águas subterrâneas. O resultado desse estudo não indicou existência de risco em nenhuma das vias de exposição consideradas. Quanto à qualidade da água subterrânea, embora não tenha sido uma via de exposição considerada no estudo, concluiu-se pela não potabilidade da mesma.

Com isto, recomenda-se a não utilização da água subterrânea para consumo humano, sendo adequada a realização de monitoramento visando acompanhar as concentrações dos metais que ultrapassaram os valores de intervenção da Cetesb.

10.1.13.5 CONCLUSÕES

Para o caso do Projeto Uniduto, a intenção é diagnosticar a ocorrência de áreas degradadas ou contaminadas que possam gerar passivos ambientais, tanto nas áreas a serem atravessadas pela dutovia como nas áreas de instalação dos terminais, evitando assim eventuais restrições técnicas ou dificuldades no licenciamento do projeto.

Para o traçado projetado o diagnóstico se baseou no Cadastro de Áreas Contaminadas da Cetesb, avaliando a eventual intervenção sobre ocorrências contidas no referido levantamento. Da análise desses dados constatou-se que algumas poucas ocorrências se situam nas proximidades do traçado projetado, para as quais foram obtidos os dados principais da ficha cadastral da Cetesb.

Para os casos levantados, não se constatou a interferência direta para nenhum dos meios tidos como contaminados ou potencialmente contaminados. Além disso, caso se confirme na sequência algum tipo de intervenção em áreas contaminadas, é possível sanar tal inconveniente por simples desvios do traçado, o que garantiria a viabilidade do empreendimento proposto.

Para as áreas dos terminais projetados, foram realizadas investigações específicas, cujas informações na íntegra constam dos relatórios que compõem o **Anexo 17.X**.

Para essas propriedades foram realizadas as etapas de investigação confirmatória e, quando necessário, investigação detalhada e avaliação de risco. O resultado dessas investigações indicou a presença de contaminantes em algumas dessas propriedades, eventualmente acima dos valores de intervenção, mas que não caracterizaram risco para as condições analisadas (implantação de um terminal de granéis líquidos).