

CENTRAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS –
CGR OÁSIS
MUNICÍPIO DE PIRACICABA – SP
EIA – ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
VOLUME III

CONTEÚDO DO EIA – CGR OÁSIS

VOLUME III

Índice

1.	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO	11
1.1.	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO	11
1.1.1.	Aspectos Locais e Características Da Região	11
1.2.	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID	16
1.3.	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA – AII	18
2.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	19
2.1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	19
3.	ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA.....	21
3.1.	MEIO FÍSICO.....	23
3.1.1.	Geomorfologia e Solos.....	25
3.1.1.1.	Aspectos podológicos.....	28
3.1.2.	Geologia Local	41
3.1.3.	Levantamento Geofísico.....	47
3.1.3.1.	Metodologia Empregada	48
3.1.3.2.	Levantamento de Campo	54
3.1.3.3.	Interpretação dos Resultados Geofísicos.....	56
3.1.3.4.	Estudos Geológicos-Geotécnicos e das águas.....	69
3.1.3.4.1.	Ensaio de Campo	69
3.1.3.4.1.1.	Sondagens de Simples Reconhecimento	69
3.1.3.4.2.	Ensaio Geofísico	76
3.1.3.4.3.	Ensaio de Laboratório	79
3.1.3.4.3.1.	Ensaio Geotécnicos.....	79

3.1.3.4.3.2. Análises Químicas	82
3.1.3.5. Balanço hídrico.....	84
3.1.3.5.1. Monitoramento Ambiental.....	96
3.1.3.5.1.1. Águas Subterrâneas.....	96
3.1.3.5.1.2. Águas Superficiais	96
3.1.3.6. Recursos Hídricos	97
3.1.3.6.1. Metodologia.....	97
3.1.3.6.2. Recursos Hídricos Superficiais.....	97
3.1.3.6.3. Recursos Hídricos Subterrâneos.....	98
3.1.3.6.4. Resultados Obtidos	98
3.1.3.6.4.1. Recursos Hídricos Superficiais - ADA.....	98
3.1.3.6.4.2. Recursos Hídricos Subterrâneos - ADA.....	100
3.1.3.6.4.2.1. Qualidade das Águas Subterrâneas	109
3.1.4. Meio biótico.....	111
3.1.4.1. Vegetação e Flora Terrestre.....	111
3.1.4.1.1. Situação atual da área diretamente afetada	111
3.1.4.2. Fauna Terrestre.....	113
3.1.4.2.1. Considerações Gerais.....	113
3.1.4.2.1.1. Discussão dos Impactos	116
4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID.....	118
4.1.1. Meio físico	118
4.1.1.1. Geomorfologia e Solos.....	122
4.1.1.1.1. Aspectos pedológicos.....	122
4.1.1.2. Geologia da AID	132
4.1.1.3. Recursos Hídricos	134
4.1.1.3.1. Recursos Hídricos Superficiais.....	134
4.1.1.3.1.1. Resultados obtidos	134
4.1.1.3.1.2. Análise das vazões da bacia do Rio Piracicaba	135
4.1.1.3.1.3. Qualidade das Águas Superficiais.....	137
4.1.1.3.2. Recursos Hídricos Subterrâneos.....	139

4.1.1.3.3.	<i>Disponibilidade De Água Subterrânea Na Bacia Do Rio Piracicaba</i>	139
4.1.1.3.4.	<i>Vulnerabilidade Dos Aquíferos Regionais</i>	143
4.1.1.4.	<i>Característica Climática Local</i>	149
4.1.1.4.1.	<i>Qualidade Do Ar</i>	150
4.1.1.4.1.1.	<i>Caracterização das Estações da CETESB em Piracicaba</i>	150
4.1.1.4.1.2.	<i>Considerações os dados de ar-ambiente de Piracicaba</i>	153
4.1.1.4.1.3.	<i>Considerações sobre o site do CGR – Piracicaba</i>	155
4.1.1.1.	<i>Medição e Avaliação de Ruído visando Diagnóstico Ambiental</i>	156
4.1.1.1.1.	<i>Metodologia</i>	156
4.1.1.1.2.	<i>Resultados</i>	160
4.1.1.1.3.	<i>Avaliação</i>	168
4.1.2.	<i>Meio biótico</i>	169
4.1.2.1.1.	<i>Antecedentes em nível regional</i>	171
4.1.2.1.2.	<i>Localização fitogeográfica</i>	174
4.1.2.1.3.	<i>Situação atual da vegetação e flora terrestre</i>	175
4.1.2.2.	<i>Fauna Terrestre</i>	177
4.1.2.2.1.	<i>Considerações Gerais</i>	177
4.1.2.2.2.	<i>Localização Zoogeográficas</i>	178
4.1.2.3.	<i>Metodologia</i>	179
4.1.2.4.	<i>Situação da Fauna na Área de Influência Direta (AID)</i>	180
4.1.2.5.	<i>Resultados e discussão</i>	181
4.1.2.6.	<i>Ecossistema Aquático</i>	216

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Localização da cidade onde será instalado o empreendimento	11
Figura 2: Localização do terreno CGR Oásis.....	12
Figura 3: Visualização por foto aérea da área.....	14
Figura 4 – Área de Influência Direta.....	17
Figura 5: Região onde está inserido o município de Piracicaba	18
Figura 6: Área do terreno onde está localizado o empreendimento	22
Figura 7: Principais formas de relevo da Folha de Piracicaba.....	25
Tabela 1: FORMAS DE RELEVO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	26
TABELA 1 -CONT. - FORMAS DE RELEVO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	27
Figura 8: Localização da área na Carta Pedológica de Semi-detalhe.	31
Figura 9: Mapa de solos da Bacia do Rio Piracicaba (www.cena.usp.br/piracena)	32
Tabela 2 - Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.	34
Tabela 3: Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre	37
Figura 11: Mapa Geológico de detalhe.....	46
Figura 12: Perfil Geológico da área do empreendimento.....	47

Figura 13: Princípio do Método de Eletrorresistividade.	49
Figura 14: Arranjo Schlumberger utilizado nas SEV.....	50
Figura 15: Exemplo de uma curva de campo de uma sondagem elétrica vertical.	50
Figura 16: Conjunto para medida de resistividade elétrica.	51
Figura 17: Pseudo-seção de resistividade aparente.....	52
Figura 18: Disposição de eletrodos de campo do arranjo dipolo-dipolo.....	52
Figura 19: Sistema para medida de resistividade, composto por uma fonte de tensão conjugada a um sistema de comutação de eletrodos.....	53
Foto 1 - Execução de medidas de eletrorresistividade nos arruamentos da plantação de cana.....	54
Tabela 4: Localização das sondagens elétricas em relação às sondagens mecânicas próximas.....	55
Figura 20: Localização aproximada dos levantamentos geofísicos, a partir de imagem aérea obtida do programa Google Earth. As setas indicam o sentido dos caminhamentos executados (CE).	56
Figura 21: Resultado da modelagem da SEV 1 executada.	57
Figura 22: Resultado da modelagem da SEV 2 executada.	58
Figura 23: Resultado da modelagem da SEV 3 executada.	59
Figura 24: Resultado da modelagem da SEV 4 executada.	60
Figura 25: Resultado da modelagem da SEV 5 executada.	61
Figura 26: Resultado da modelagem da SEV 6 executada.	62

Figura 27: Perfil CE1 com adição de topografia ao modelo.....	64
Figura 28: Perfil CE2 com adição de topografia ao modelo.....	65
Figura 29: Perfil CE3 com adição de topografia ao modelo.....	66
Tabela 5: Estimativa da permeabilidade in situ a partir de ensaios de infiltração (EPT, 2008a).....	69
Figura 30: Perfis de sondagens.....	71
Figura 31: Perfil de Sondagem.....	72
Figura 32: Perfil de Sondagem.....	73
Figura 33 : Perfil de Sondagem.....	74
Figura 34 – Perfil de Sondagem.....	75
Figura 35: Resultado da modelagem da SEV 5 executada na área (Geo Ambiental SS, 2008).....	77
Figura 36: Resultado da sondagem SP 3 executada na área (EPT, 2008a).	78
Tabela 6: Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras misturadas com bentonita (EPT, 2008b).	80
Tabela 7: Resumo das carterísticas geotécnicas dos solos superficiais locais (EPT, 2008b).	81
Tabela 8: Características dos poços de monitoramento construídos na área (EPT, 2008a).....	82
Figura 37: Características geométricas dos poços de monitoramento (EPT, 2008a)....	83
Tabela 9: Precipitação - Médias mensais e total anual.....	85

Tabela 10: Umidade natural do lixo	86
Tabela 11: Coeficiente de escoamento superficial para cobertura de Aterro Sanitário. 86	
Tabela 12: Capacidade de Campo para alguns tipos de solo.	89
Figura 38: Simulação do Balanço Hídrico para a Região do Aterro Sanitário de Piracicaba.....	90
Figura 39: Diagrama triangular da decomposição da parcela de matéria orgânica facilmente biodegradável.....	91
Tabela 13: Balanço hídrico realizado para o Aterro Sanitário de Piracicaba-SP.....	95
Figura 40: Influência das condições hidrogeológicas sobre o transporte de poluentes a partir de fontes poluidoras nas proximidades de drenagens naturais (Hoecks, 1976).	100
Figura 41: Localização da área sobre mapa de Aquíferos presentes na região do empreendimento. Fonte Agencia de Água PCJ modificado.....	101
Tabela 14: Resultado dos ensaios de infiltração.....	102
Figura 42: Mapa de locação das sondagens efetuadas, com as seções traçadas. ...	104
Figura 43: Seções traçadas a partir dos perfis das sondagens descritas	105
Figura 44: Mapa potenciométrico para a ADA do empreendimento com a indicação do sentido de fluxo subterrâneo.	107
Tabela 15: Resultados das análises de solo e água subterrânea em comparação com VOR –Valores Orientadores CETESB 2005.	110
Figura 45: Imagem aérea apresentando a região em estudo	111
Figura 46 – Area Diretamente Afetada.....	112

Foto 2 -. Vista da Área Diretamente Afetada (ADA).	114
Foto 3 - Vista da ADA, composta por monocultura de cana-de-açúcar, à esquerda e ao fundo, após a vegetação que circunda uma das nascentes.....	114
Figura 47 – Mapa da vegetação.....	115
Figura 48: Manchas de vegetação na ADA e AID.....	117
Tabela 16: Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.	125
Tabela 17: Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre.	131
Figura 49 - Mapa Geológico da Região de Piracicaba (Fonte: IPT, 1981)	133
Figura 50: Situação do consumo e contaminação das águas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba e Capivari (Monticeli e Barros, 1992).	135
Figura 51: Mapa de localização dos postos fluviométricos na bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Projeto Piracena.....	136
Tabela 18: Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público IAP e - Índice de qualidade de água para proteção da vida aquática - IVA (Fonte site CETESB 2009 - http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/ugrhis/u05.asp)	138
Tabela 19: Disponibilidade de Águas Subterrâneas na Bacia.....	141
Figura 52: Mapa de poços existentes no município de Piracicaba, na região do empreendimento. Fonte: SIAGAS (CPRM).	142
Tabela 20: Configuração e Endereço das Estações Manuais de Piracicaba.....	151

Tabela 21: Dados de Qualidade do Ar de Piracicaba.....	153
Tabela 22: Resumo dos Padrões de Qualidade do Ar - CONAMA 03/1990.	154
Tabela 23: Coordenadas dos pontos das medições de ruídos.	158
Figura 56: Localização dos pontos das medições dos níveis de ruído no terreno do CGR Oásis. A letra “c” indica a posição da colheitadeira de cana-de - açúcar.	158
Tabela 24: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 1)	160
Tabela 25: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 2)	162
Foto 8 - Vista do terreno vizinho e estrada de terra.	163
Tabela 26: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 3)	164
Foto 9 - Decibelímetro na borda de mata. Vista sentido rio Piracicaba.	164
Foto 10 - Decibelímetro e cana-de-açúcar. Vista sentido rodovia.	165
Tabela 27: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 4)	166
Foto 11 - Decibelímetro, mata ciliar ao fundo, terreno vizinho a direita com mato alto.	166
Foto 12 -. Decibelímetro, mata ao fundo separa local de operação da colheitadeira.	167
Tabela 28: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas	167
Foto 13 – Decibelímetro próximo a mata ciliar e rio Piracicaba ao fundo (Touceira de mata a esquerda delimita área onde operou a colheitadeira de cana-de-açúcar)	168
Figura 57: Imagem aérea apresentando a área em estudo e seu entorno	176
Foto 14. Vista da Área de Influência Direta (AID). Ao centro onde já houve o corte de cana, à direita monocultura de cana-de-açúcar e à esquerda a mata ciliar do Rio Piracicaba.....	180

Foto 15. Vista da AID. Destaque no efeito de borda na vegetação da mata ciliar do Rio Piracicaba.....	180
Tabela 29: Listagem dos mamíferos registrados para a área de estudo e seu entorno.	182
Tabela 30: Listagem de cobras registradas na área e entorno	185
Figura 58: Curva de acumulação de espécies em relação ao número de horas de amostragem na área estudada.	186
Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007).	189
Tabela 32 - Lista das espécies Ictilícas do Rio Piracicaba	220

1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO

1.1. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

1.1.1. Aspectos Locais e Características Da Região

O empreendimento está situado no município de Piracicaba, pertencente à Mesorregião de Piracicaba no Estado de São Paulo (Fig. 1), com área de 1.369,511 km² e uma população estimada em 366.422 habitantes (IBGE, 2006).



Figura 1: Localização da cidade onde será instalado o empreendimento

O município de Piracicaba está cerca de 547 m de elevação, localizando-se na região dos interflúvios entre os rios Corumbateí com o Piracicaba e Piracicaba com o Tietê. O

empreendimento se localiza em área rural, conforme mostrado na imagem da Figura 2, próximo a rodovia SP 147 e ao Rio Piracicaba.

O empreendimento compreende um terreno com 480 mil metros², delimitado a noroeste pela rodovia SP-147 que liga Piracicaba a Limeira e a sudeste pelo rio Piracicaba na sua margem direita. Assim têm-se duas faixas de recuo correspondentes aos dois limites, sendo a faixa de recuo do rio Piracicaba de 300 metros a partir do rio, e uma faixa de recuo de 100 metros a partir da rodovia. O terreno também se delimita com a propriedade da Sra.Umbelina Helena G. Silvello a leste, até uma linha projetada dentro da propriedade, a sudoeste.



Figura 2: Localização do terreno CGR Oásis ⊕

Quase a totalidade do local em questão está coberta por plantio de cana estando o solo exposto e passível de observação apenas os locais com cana cortada e nas estradas de fazenda.

Atualmente há muito poucas manchas de mata na região, que se concentram ao longo das calhas de drenagem e encostas íngremes dos morros e serras restritas. Predominam na região áreas de plantio de cana-de-açúcar com manchas restritas de pastagens e solo exposto.

Próximo à divisa do terreno com a propriedade da Sra Umbelina Silvello foi encontrado uma área de empréstimo, aparentemente inutilizada.



Figura 3: VISUALIZAÇÃO POR FOTO AÉREA DA ÁREA.

A área corresponde à porção territorial, gleba, onde o empreendimento será efetivamente construído. Nesse item, é descrito como as ações do empreendimento farão interface com as variáveis da gleba, retratando a situação na qual a área de intervenção se apresenta atualmente, considerando principalmente os aspectos que possam ter interferência com os serviços de implantação, operação e desativação do empreendimento. Sendo apresentada sua delimitação com a caracterização dos meios físicos (terrestre, aquático e atmosférico), meio biótico e meio sócio-econômico.

- ✓ Meio Físico – foi considerado para diagnóstico ambiental a gleba que compreende a porção territorial direta de instalação do empreendimento.

- ✓ Meio Biótico – foi considerado para diagnóstico ambiental a região concentrada na porção territorial direta de instalação do empreendimento.

1.2. *ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID*

A sua definição é fundamentada nas áreas passíveis de sofrerem influência direta da instalação e operação do empreendimento, podendo ser impactos negativos ou positivos. São feitas descrições e caracterizações dos meios de interesse. Determina a área que se encontra no entorno do empreendimento.

O Aterro Sanitário é um empreendimento implicado com a adequada forma de disposição de resíduos, apresentando melhoria na qualidade de vida aos que se beneficiarem de suas atividades. Sendo contemplada principalmente a região urbana do município de Piracicaba.

- ✓ Meio Físico: área onde ocorrerá às intervenções físicas das obras e até onde será visualizados seus impactos diretos relacionados à emissão de ruído e odor, exploração de jazida de solo, tráfego etc.

- ✓ Meio Sócio – Econômico: abrange a área diretamente atingida pela CGR OÁSIS e entorno imediato.



Figura 4: ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

1.3. *ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA – AII*

Na definição dessa área é considerada a região influenciada pelo empreendimento, para todas as variáveis ambientais, com ênfase para a Região onde está inserido o município de Piracicaba e sua Bacia Hidrográfica, como representado na Figura 5.



Figura 5: Região onde está inserido o município de Piracicaba

- ✓ Meio Físico e Biótico – Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba;
- ✓ Meio Sócio – Econômico – o território do município de Piracicaba, cujos dados, sempre que necessário, ampliando sua capacidade explicativa, serão cotejados com o da microrregião, região de governo ou Estado.

2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Para efeito de diagnóstico e avaliação dos impactos ambientais do empreendimento, são levantadas informações sobre as condições atuais dos meios físico, biótico e sócio-econômico para as áreas de influência definidas. Estes aspectos são apresentados de forma inter-relacionada, num diagnóstico integrado dos impactos do empreendimento sobre a região.

2.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia usada neste estudo descreve e analisa os fatores ambientais e as suas interações encontradas na área do empreendimento e região, caracterizando a situação ambiental e influência antes da implantação do Projeto da Central de Gerenciamento de Resíduos Oásis. Esta leitura do território, previa à implantação do projeto, é denominada em teoria ambiental como “linha base”. A adequada caracterização da linha base é de grande importância, já que a posterior avaliação de impactos ambientais, se mede, não em termos absolutos, mas em termos relativos à linha base, ou seja, o objetivo é determinar o aporte que em termos de impacto, gera um determinado empreendimento.

O estudo de caracterização abordou três aspectos fundamentais: a história das transformações ambientais do território, o inventário ambiental com a descrição das alterações ecológicas ou ambientais existentes, e finalmente, a valoração do estado atual do meio ambiente.

A profundidade e abrangência da caracterização dos fatores ambientais que compõem a linha base visaram principalmente: a intensidade previsível dos impactos, a sensibilidade dos bens que se desejam proteger, a complexidade do projeto e dos dados disponíveis (quantidade e qualidade), isto demonstra a significância da experiência da equipe elaboradora.

A área de influência do empreendimento foi estudada em detalhe, a través de estudos e metodologias específicos e reconhecidos, inerentes a cada disciplina, procurando sempre na leitura da informação, resgatar a “interpretação ambiental” da mesma, objetivando/visando a quantificar impactos ambientais e/ou a minimização de impactos negativos gerados pela instalação e operação do empreendimento. Desta forma, este diagnóstico englobou os fatores susceptíveis de sofrer, direta ou indiretamente, os efeitos dos possíveis impactos durante as fases de implantação das obras e de operação do empreendimento.

Foi utilizada uma metodologia de pesquisa diferenciada para cada um dos três fatores primários que constituem a caracterização da linha base ambiental de um território, reconhecendo desta forma sua peculiaridade de cada fator ambiental estudado.

3. ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

O Aterro Sanitário planejado está localizado no município de Piracicaba (Região Administrativa de Campinas e Região de Governo de Piracicaba, IGC-SP, 2002), e está situado à cerca de 10 km do núcleo urbano da cidade de Piracicaba, entre a Rodovia SP-147 e o Rio Piracicaba.



Figura 6: ÁREA DO TERRENO ONDE ESTÁ LOCALIZADO O EMPREENDIMENTO.

3.1. MEIO FÍSICO

Para o estudo do meio físico será usada a definição de Fornasari Filho et al, 1992 que indica o meio físico como *“o conjunto do meio ambiente definido pelas interações de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água, ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana”*.

Os temas abordados e analisados no presente estudo são aqueles entendidos como necessários para a caracterização do meio físico, de acordo com o empreendimento proposto em questão, incluindo-se:

- geomorfologia e solos
- geologia, geotecnia e recursos minerais;
- geomorfologia;
- pedologia;
- recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
- clima e condições meteorológicas;

A partir do conceito adotado será feita uma análise dos fatores ambientais relacionados ao meio físico e, com base em suas características, oferecer uma visão atual da situação ambiental das áreas de influência definidas para o empreendimento.

Os fatores levantados compõem-se de variáveis suscetíveis de sofrer, direta ou indiretamente, efeitos significativos das ações originadas pelo empreendimento em todas as suas fases, bem como informações cartográficas atualizadas, com a definição e caracterização das áreas de influência, em escalas compatíveis com os fatores ambientais relacionados ao meio físico e nível de detalhe necessário.

Os levantamentos executados se compuseram de mapeamento de campo na ADA. Os estudos foram fundamentados ainda em investigações diretas e indiretas do meio físico, na forma de sondagens, coleta e análise de amostras de solo e água, medidas do nível d'água nos poços e furos executados e levantamentos geofísicos, de forma a obterem-se informações da subsuperfície do terreno.

Após o levantamento inicial, essencialmente bibliográfico, foram feitas sondagens em campo com amostragem, ensaios de SPT, medição do nível do aquífero subterrâneo e ensaios de permeabilidade. Após esta extensa campanha, foram feitos levantamentos geofísicos de forma a melhor caracterizar o comportamento do substrato e detectar eventuais fraturas nas rochas.

Nesta etapa foi feito ainda levantamento de campo com acompanhamento de perfis ao longo da rodovia Piracicaba- Limeira e levantamento detalhado da área diretamente afetada (ADA), através da análise do solo exposto e de afloramentos em vias internas e junto às margens do Rio Piracicaba.

3.1.1. Geomorfologia e Solos

Do ponto de vista geomorfológico, segundo classificação de Almeida (1964), a região de Piracicaba localiza-se no interior da Depressão Periférica Paulista, delimitada entre as zonas das Cuestas Basálticas e o Planalto Cristalino Paulista (Fig. 7).

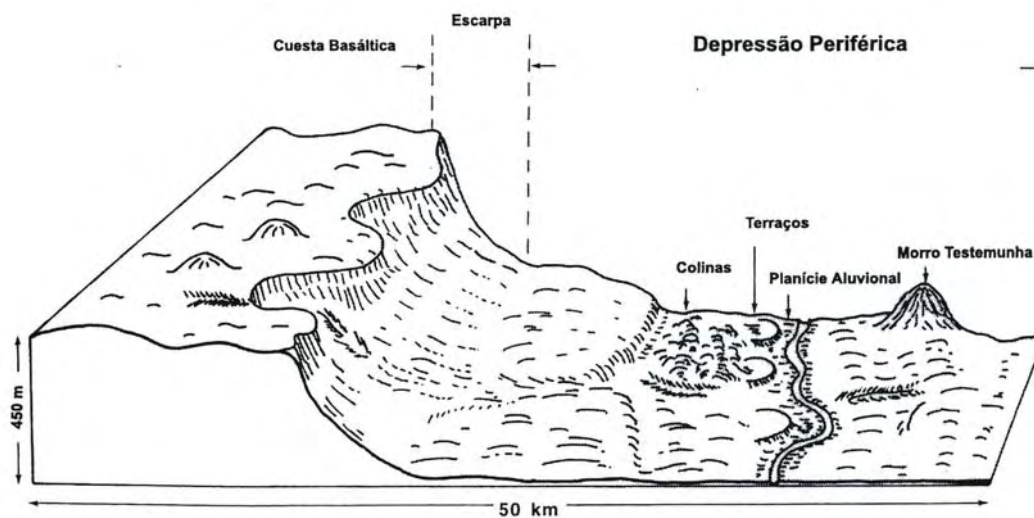


Figura 7: Principais formas de relevo da Folha de Piracicaba

No Domínio da Depressão Periférica e das Cuestas Basálticas predominam os relevos de colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados paralelos, morrotes alongados/espigões. Em algumas áreas de Cuestas Basálticas constata-se a presença de pequenos platôs basálticos (mesas basálticas) que terminam em escarpas com relevos de transição do tipo Encostas com cânions locais ou escarpas festonadas (PONÇANO, 1981).

A UGRHI da Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, que contém a cidade de Piracicaba está inserida no interior desta unidade, no compartimento denominado de Zona do Médio Tietê.

Basicamente ocorrem, na região de interesse, as superfícies aplainadas por degradação, as seguintes unidades (Tabela 1).

Colinas Amplas: predominam interflúvios com área superior a 4 Km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade e planícies aluviais interiores restritas;

Colinas Médias: predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 Km² e topos aplainados. As vertentes possuem perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, com vales tanto abertos como fechados e planícies aluviais interiores restritas;

Morrotes Alongados e Espigões: Predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média alta densidade e vales fechados.

Formas de relevo	Unidades homogêneas	Principais características
1. Superfícies aplainadas por aplainação	1.1. Continental	
	1.1.1 – Planícies aluviais	Terrenos baixos mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente às inundações.

Tabela 1: FORMAS DE RELEVO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Formas de relevo	Unidades homogêneas	Principais características
2. Relevo de degradação em planaltos dissecados	2.1. Relevo Colinoso (Predominam declividades te 15% e amplitudes locais inferiores a 100 m)	
	2.1.2 - Colinas amplas	Predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 Km ² topos extensos e aplainados Vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas.
	2.1.3 - Colinas médias	Predominam interflúvios com área superior a 4 Km ² topos extensos e aplainados vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, planícies aluviais interiores restritas.
	2.3. Relevo de Morrotes (Predominam declividades médias a altas, acima de 15% e amplitudes locais inferiores a 100 m)	
	2.3.4 – Morrotes alongados e espíões	Predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média alta densidade, vales fechados.
3. Relevos residuais suportados por litologias particulares	3.1. Sustentados por maciços básicos	
	3.1.1 – Mesas basálticas	Morros testemunhos isolados (peões e baús), topos aplanados a arredondados, vertentes com perfis retilíneos, muitas vezes com trechos escarpados e exposições de rocha. Drenagem de média densidade, padrão pinulado a subparalelo, vales fechados

TABELA 1 -CONT. - FORMAS DE RELEVO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

3.1.1.1. Aspectos podológicos

Os solos na região de Piracicaba acompanhando o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (escala 1:500 000) do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) de junho de 1999 (Oliveira, 1999), e baseado na classificação dos solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), em publicação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), compreendem basicamente, quatro tipos principais: os Argissolos (P) anteriormente denominados Podzólicos, os Latossolos (L) com denominação idêntica ao sistema anterior, os Neossolos (R) englobando as classes anteriormente denominadas de solos aluviais, solos litólicos, e areias quartzosas (hidromórficas ou não) e os Nitossolos (N), sendo esta nova classe de solos de terras roxas, diferindo dos Neossolos pelo fato da estruturação das terras roxas originárias a partir do basalto e intrusivas associadas.

- Argissolos (P)

Compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou o horizonte E e apresentando, ainda, um horizonte plântico (se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural) e um horizonte glei (se presente não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural).

Por conceituação, os Argissolos apresentam predominantemente argila de atividade baixa. Contudo a capacidade adsortiva desta fração, para a mesma textura, é em geral ligeiramente superior a dos Latossolos.

Os Argissolos, por apresentarem em geral textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração argila, são facilmente preparados para o plano. São solos muito profundos, isto é, não apresentam qualquer impedimento físico a penetração do sistema radicular pelo menos até 2 metros de profundidade.

O caráter álico é mais comum nos Argissolos Vermelho-amarelos do que nos Vermelhos e quando ocorre nestes últimos raramente atingem valores elevados. Os Argissolos Vermelhos apresentam maior porcentagem de óxidos de Fe_2O_3 do que os Vermelhos-Amarelos.

- Latossolos (L)

Compreendem solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 2 metros da superfície do solo ou dentro de 3 metros, se o horizonte A apresenta mais de 1,5 metro de espessura.

São solos com boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa. Esses solos, quando álicos, apresentam virtual ausência de alumínio ao longo do perfil o que constitui fator positivo, mas a natureza oxidica do material desses solos permite que se manifeste, a pouca profundidade, a predominância de cargas positivas sobre as negativas. Conseqüentemente a retenção de ânions (sulfatos, fosfatos, nitratos) é maior que a de cátions, fato que demanda práticas específicas de manejo.

Devido a sua elevada permeabilidade interna e a baixa capacidade adsortiva, esses solos de classificam como pouco filtrantes. Tal atributo permite esperar que, apesar de sua espessura, sejam grandes as possibilidades de contaminação de aquíferos por material tóxico neles depositados.

- Neossolos (R)

São solos constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 centímetros de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo os seguintes requisitos.

Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50 centímetros da superfície do solo

Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo do horizonte A

Ausência de horizonte plúntico dentro de 40 centímetros

A análise do mapa de solos da bacia do rio Piracicaba indica que a mesma abrange vinte unidades de mapeamento, representadas pelas classes dos Latossolos, Podzólicos, Podzolizados, Litossolos, Regossolos, Hidromórficos, Aluvionais e Mediterrâneos.

Os solos que estão presentes na área de interesse são: latossolo vermelho escuro; litossolo - fase substrato folhelho-argilito; podzólico vermelho amarelo - variação Laras; podzólico vermelho amarelo - variação Piracicaba (fonte: www.cena.usp.br/piracena).

Na área do empreendimento ocorrem, segundo a Carta Pedológica Semi-Detalhada do Estado de São Paulo (SF-23-Y-A-IV; Piracicaba; escala 1:100 000) do Instituto Geográfico e Cartográfico (Bejar et al, 1989), no setor norte Latossolos Roxos e no setor sul até as margens do Rio Piracicaba, solos Podzólicos Vermelho Escuros, como descritos abaixo (Oliveira, 1999) e apresentados nas Figuras 08 e 09.

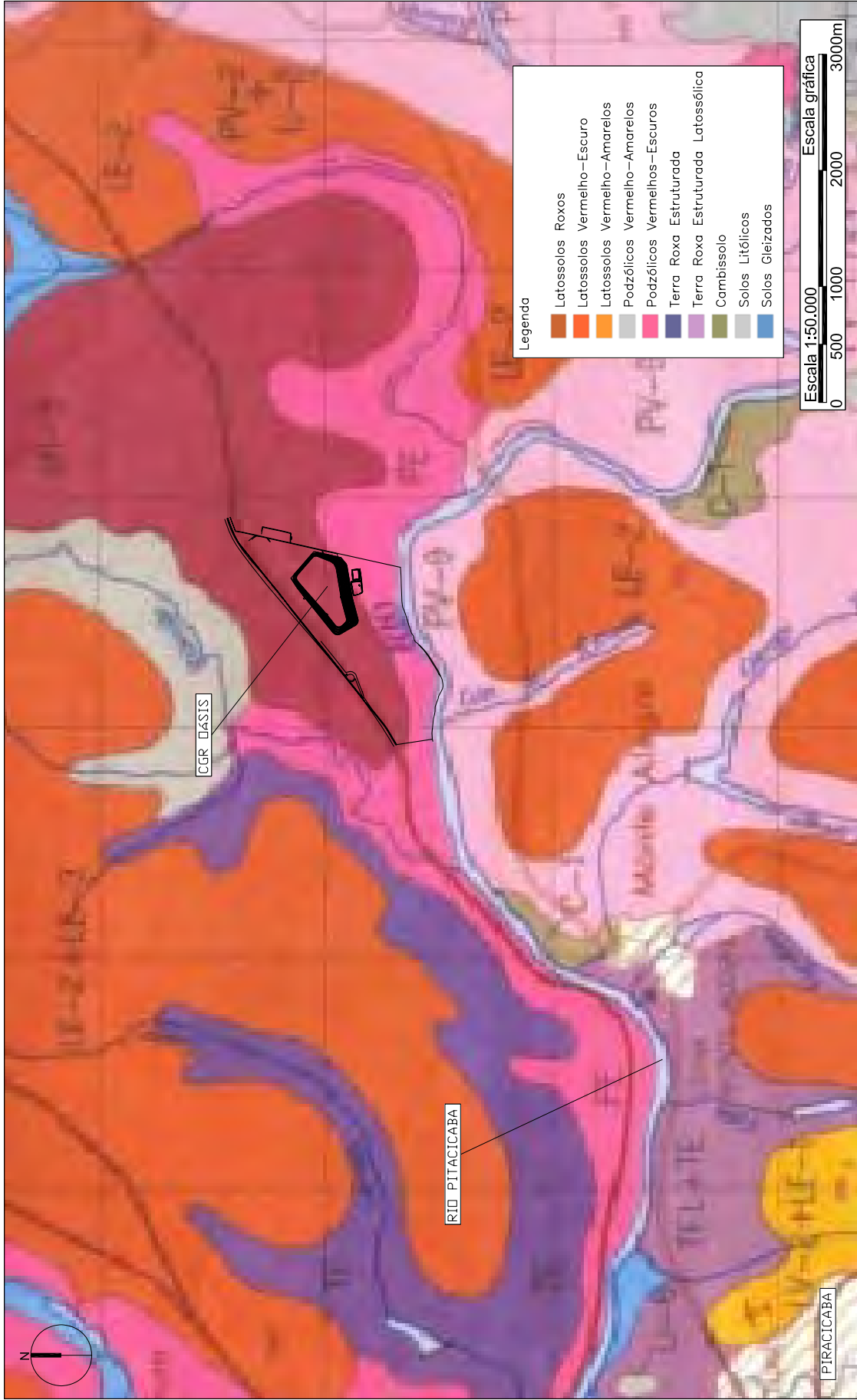


Figura 8: Localização da área na Carta Pedológica de Semi-detahle.

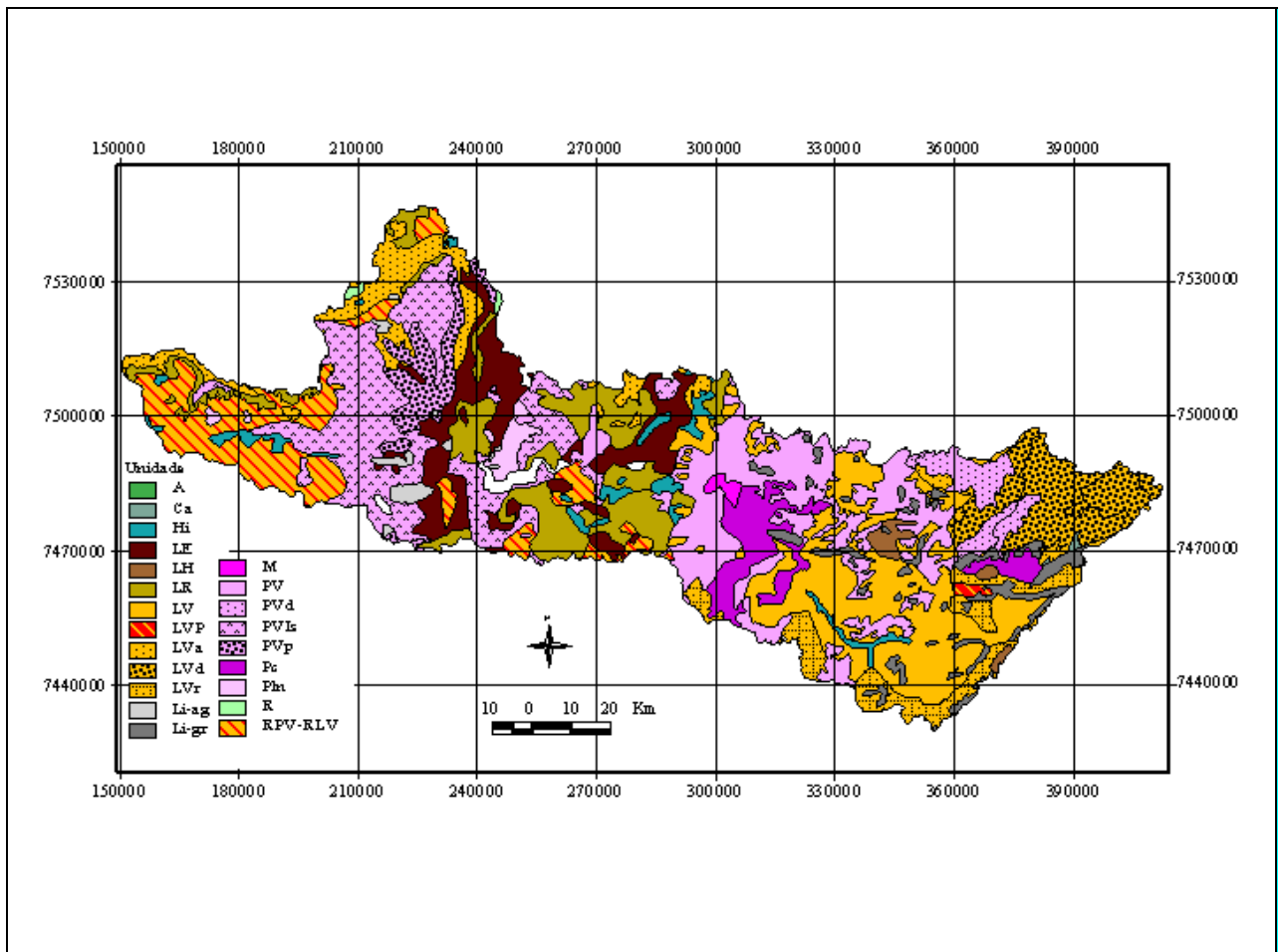


Figura 9: Mapa de solos da Bacia do Rio Piracicaba (www.cena.usp.br/piracena)

Latosolos (L)

Compreendem solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 2 metros da superfície do solo ou dentro de 3 metros, se o horizonte A apresenta mais de 1,5 metro de espessura.

São solos com boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa. Esses solos, quando ácidos, apresentam virtual ausência de alumínio ao longo do perfil o que constitui fator positivo, mas a natureza oxidica do material desses solos permite que se manifeste, a pouca profundidade, a predominância de cargas positivas sobre as negativas. Conseqüentemente a retenção de ânions (sulfatos, fosfatos, nitratos) é maior que a de cátions, fato que demanda práticas específicas de manejo.

Devido a sua elevada permeabilidade interna e a baixa capacidade adsorviva, esses solos se classificam como pouco filtrantes. Tal atributo permite esperar que, apesar de sua espessura, sejam grandes as possibilidades de contaminação de aquíferos por material tóxico neles depositados.

Latosolos Roxos:

Esta classe compreende solos não higromórficos com horizonte B latossólico de coloração vermelho-escuro-acinzentada a bruno-avermelhado-escuro precedido de qualquer tipo de horizonte A diagnóstico. Relacionam-se a conteúdos elevados de Fe_2O_3 (18-40%), com forte atração magnética, índice Ki 0,20-2,0 (Camargo et al, 1987).

Os Latossolos Roxos da área do empreendimento possuem caráter distrófico ou álico e horizonte A moderado caracterizando a Unidade Barão Geraldo que representa 70% dos latossolos roxos da Folha de Piracicaba.

Tais solos têm como material de origem na Depressão Periférica os “sills” de diabásio.

O relevo é suave e ondulado com inclinações da ordem de 2 a 7 % e na Depressão Periférica se situam entre 560 e 700 m.

Sua constituição (Tabela 2) mostra um elevado teor de argilas, o que está de acordo com os resultados das análises hidrogeológicas, indicando uma baixa permeabilidade para estes solos.

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
pH H ₂ O	a	3	5,7	5,3	6,2
	b	15	5,1 ± 0,3	4,6	6,1
pH KC1	a	3	4,7	4,1	5,3
	b	15	4,5 ± 0,6	4,6	6,1
C ⁽¹⁾	a	3	1,9	1,5	2,3
	b	15	1,1 ± 0,2	0,6	1,8

(¹) g/kg. (²) mmol/dm³ TFSA. (³) mmol/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 2 - Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
S ⁽²⁾	a	3	6,7	3,2	6,7
	b	15	1,6 ± 0,4	0,5	3,3
A1 ³⁺ (²)	a	3	0,2	0,0	0,5
	b	15	0,7 ± 0,3	0,0	1,6
CTC(²)	a	3	10,3	7,9	14,0
	b	15	6,2 ± 1,3	2,5	15,7
CTC(³)	a	3	17,1	12,9	23,8
	b	15	9,2 ± 1,8	3,8	15,7
V(¹)	a	3	60	40	86
	b	15	28 ± 7	9	47

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 2 Cont.: Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
m(1)	a	3	5	0	14
	b	15	30 ± 13	0	61
Argila(1)	a	3	61	59	62
	b	15	67 ± 6	40	82
Silte(1)	a	3	15	9	19
	b	15	11 ± 4	0	32
Areia fina(1)	a	3	7	4	24
	b	15	17 ± 3	6	
Areia grossa(1)	a	3	-	-	-
	b	15	5 ± 1	3	11

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 2 Cont.:Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Podzólicos Vermelho-escuros

Os podzólicos vermelho-escuros constituem uma classe proposta há poucos anos em caráter provisório (Camargo et al,1982) para formar um grupo particularizado de solos em distinção aos podzólicos vermelho-amarelos. Representam solos minerais não higromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas e teores de Fe₂O₃ inferiores a 15 g/ kg.

Na Folha de Piracicaba os solos podzólicos vermelho-escuros caracterizam a Unidade Campestre e estão associados a horizonte A moderado a chernozêmico, textura argilosa, cores vermelho vivo, caráter eutrófico a distrófico e presença de cascalho “bonecas” de sílex (pode faltar). Os solos desta unidade se relacionam aos sedimentos argilosos da Formação Irati, por isso as “bonecas” de sílex, as vezes em abundância ao longo do perfil, são denominados de Unidade Vermelhão.

Também estes solos apresentam em sua constituição (Tabela 3), segundo a fonte consultada, porcentagens elevadas de argila, corroborando os dados de levantamentos locais executados.

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
						%
pH H ₂ O	a	27	5,6 ± 0,5	4,6	6,9	9
	b	41	5,6 ± 0,7	4,6	6,7	13

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte: Oliveira, 1999).

Tabela 3: Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
C1	a	27	$1,5 \pm 0,3$	0,9	2,0	21
	b	40	$0,7 \pm 0,2$	0,3	1,1	29
S(2)	a	27	$5,8 \pm 3,1$	1,4	16,3	54
	b	40	$5,5 \pm 4,0$	0,7	15,8	72
A13+(2)	a	27	$0,3 \pm 0,4$	0,0	1,6	163
	b	40	$0,6 \pm 0,8$	0,7	2,5	122
CTC(2)	a	27	$9,9 \pm 3,4$	6,7	17,6	24
	b	40	$9,0 \pm 3,3$	4,4	18,5	37
CTC(3)	a	27	$24,5 \pm 7,2$	12,9	39,0	30
	b	40	$14,4 \pm 5,2$	6,7	27,7	36

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte: Oliveira, 1999).

Tabela cont.: Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
V(1)	a	27	55 ± 17	20	93	31
	b	40	55 ± 26	10	90	46
m(1)	a	27	7 ± 13	0	51	182
	b	40	19 ± 25	0	78	134
Argila(1)	a	27	42 ± 9	26	66	21
	b	40	64 ± 10	37	81	16
Silte(1)	a	27	13 ± 7	1	27	53
	b	40	8 ± 5	1	22	57

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte: Oliveira, 1999).

Tabela cont.: Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
Areia fina(1)	a	27	35 ± 7	19	48	21
	b	40	23 ± 9	8	41	38
Areia grossa(1)	a	27	11 ± 6	4	30	55
	b	40	6 ± 4	2	19	38

(1) g/kg. (2) mmolc/dm³ TFSA. (3) mmolc/dm³ argila (fonte: Oliveira, 1999).

Tabela cont. - Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre

3.1.2. *Geologia Local*

A área de influência direta (AID) do empreendimento em estudo está localizada na borda centro-leste da Bacia Sedimentar do Paraná, formada por grande variedade de litologias que podem ser agrupadas em quatro grandes domínios geológicos: as rochas metamórficas (essencialmente metassedimentares) pertencentes ao embasamento cristalino; o pacote de rochas Mesozóicas e Paleozóicas, as rochas efusivas e os corpos intrusivos básicos e as coberturas sedimentares Cenozóicas.

A Bacia do Paraná é uma entidade geotectônica estabelecida no interior da Plataforma Sul-Americana no Paleozóico Inferior, após a elaboração final das estruturas originadas no decorrer do Ciclo Brasileiro, seguida pelo esculpimento erosivo.

A Bacia do Paraná, no decorrer de sua longa história, teve configuração condicionada por arqueamentos, flexuras e alinhamentos estruturais do embasamento que se comportaram como grandes estruturas de atuação.

O desenvolvimento estrutural da bacia no Brasil foi grandemente influenciado, durante o decorrer da maior parte de sua história, por duas direções predominantes: NNE-NE e NW. Elas determinam a orientação das estruturas de maior ordem da bacia, positivas ou negativas e aparentemente refletem feições muito antigas do embasamento, nem sempre manifestadas na superfície.

Na região de Piracicaba afloram predominantemente litologias sedimentares de origem principalmente clástica, com finos níveis químicos subordinados, associadas com corpos intrusivos básicos, relacionadas às formações basais do setor leste da Bacia do Paraná.

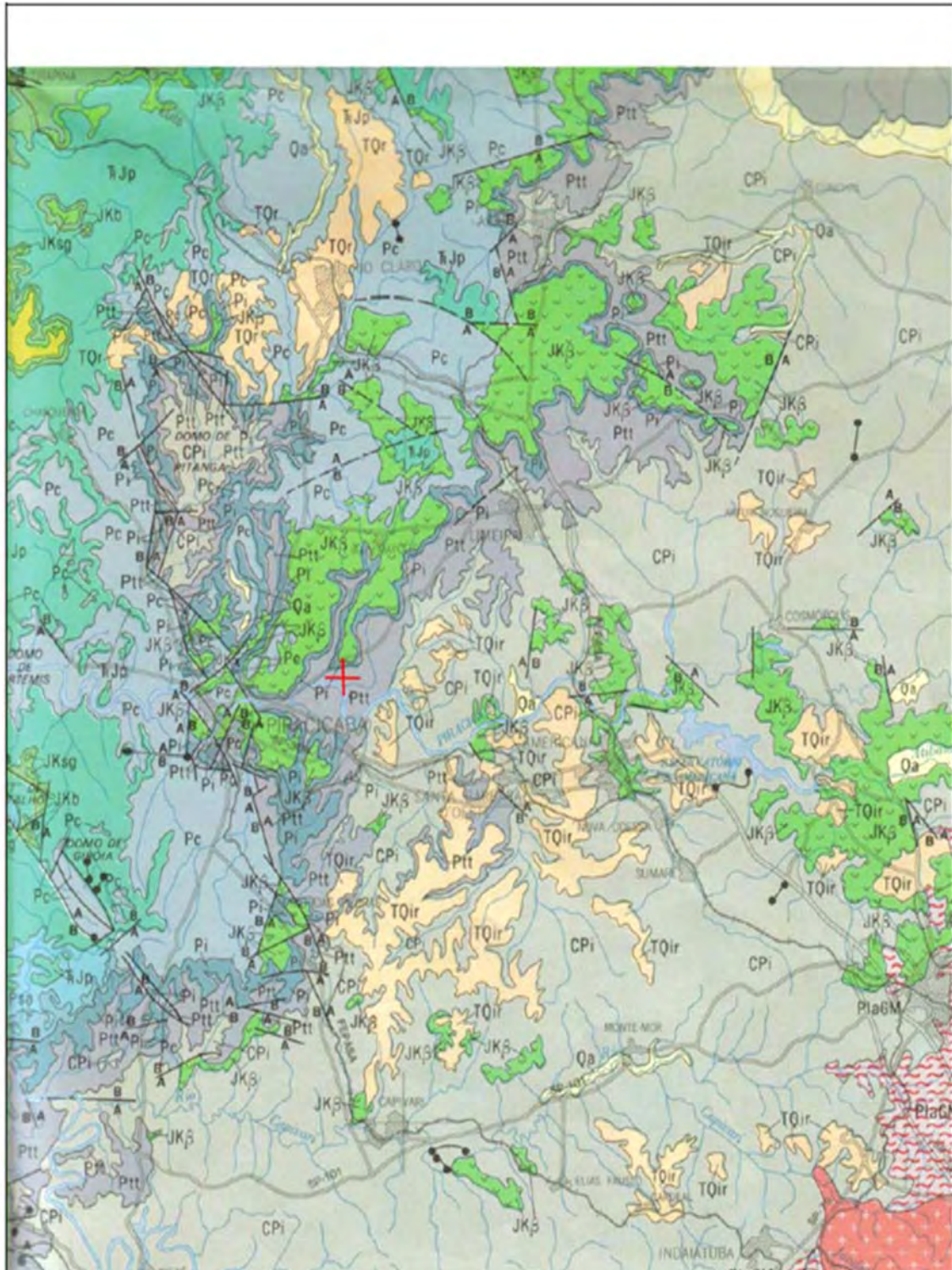


Figura 10: MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO DO IPT (1981) demonstrando a complexidade geológica da Região. A cruzeta vermelha indica o local aproximado do empreendimento.

A geologia da Área Diretamente Afetada (ADA), no contexto das unidades inferiores da Bacia Sedimentar Paleozóica do Paraná, localmente representa um pequeno segmento do limite entre a Formação Tatuí (Grupo Tubarão) de idade Eopermiana e a Formação Irati, (Membro Taquaral / Grupo Passa Dois), o qual se desenvolve em extensa faixa de exposição no centro-leste do Estado de São Paulo.

As fácies do Membro Superior da Formação Tatuí são constituídas especialmente de arenitos brancos, finos a muito finos, micáceos, com estratificação cruzada, não raramente com intercalações de níveis de arenitos mais grossos e, subordinadamente com intercalações de lamitos. Os arenitos são interpretados como depósitos de barras marinhas formadas pela ação de ondas.

Predominantes no setor sul da ADA os arenitos finos a grossos apresentam gradação normal e são normalmente maciços, embora várias camadas apresentem laminação cruzada cavalgante ou estratificação cruzada planar. Medidas de paleo correntes indicam padrão unidirecional com fluxo sedimentar predominante para sul.

As diferentes fácies sedimentares da parte superior da Formação Tatuí mostram um padrão bem definido de paleofluxo sedimentar para sul, onde depósitos aluviais passam, em direção à sul, para depósitos de mar raso com barras de maré e depósitos de plataforma com sedimentação pelítico-carbonática. Desta forma infere-se a paleo-linha de costa posicionada EW com a área fonte a norte.

Os predominantes arenitos do membro superior da Formação Tatuí são recobertos por lamitos cinza esverdeados com intercalações de calcários, representando um conjunto transgressivo. Os registros deste ambiente transgressivo, marcado em muitos locais, por delgados níveis de conglomerados, ricos em grânulos e seixos de sílex e também de bioclastos (escamas, dentes e espinhos de peixes e coprólitos) com espessura de 1 a 20 cm caracterizam o contato entre as formações Tatuí e Irati.

A Formação Irati compreende os estratos de folhelhos pirobotuminosos de idade Neopermiana do Grupo Passa Dois.

Da base para o topo ocorrem folhelhos siltico-argilosos, não betuminosos, de coloração cinza escuro, podendo apresentar localmente em posição basal, arenitos conglomeráticos, arenitos finos e lamitos, caracterizando o Membro Taquaral. Sobrepostos ocorrem folhelhos argilosos cinza escuro, folhelhos pirobetuminosos pretos, intercalados a leitos de rochas carbonáticas (calcilutitos, margas e calcarenitos, por vezes dolomitizados e silicificados), delgadas lentes e nódulos de sílex (bonecas de sílex) e ocasionais evaporitos, os quais são recobertos por folhelhos siltico-argilosos e lamitos. A fácies pirobetuminosa ocorre sob a forma de duas camadas de folhelho distintas entre si, separadas por uma sucessão rítmica de carbonatos e folhelhos (Membro Assistência).

Parâmetros faciológicos, fossilíferos e de geoquímica orgânica e inorgânica permitem a inferência do cenário de sedimentação Irati como sendo um mar epicontinental restrito de águas rasas, com águas salinas a hipersalinas.

O conteúdo paleontológico da Formação Irati compreende vegetais, vertebrados, invertebrados palinórfos e icnofósseis. Dentre estes, mesossaurídios são os mais característicos utilizados para correlações a longas distâncias, ocorrendo em sedimentos da unidade no Brasil e no Sistema Karoo, na África.

Os estratos da Formação Irati foram intrudidos por soleiras de diabásio cretáceas as quais afloram imediatamente a norte da ADA. A espessura acumulada das soleiras intrudidas na unidade varia de 2 m a 200 m.

As descrições das sondagens (Vide anexos) efetuadas mostram sempre material argiloso, eventualmente com quantidades um pouco maiores de areia, chegando a silte. Não foram encontrados, em nenhuma sondagem, blocos sãos de diabásio, apenas solo de alteração do mesmo e que recobre a parte da área em suas porções mais altas, próximas da rodovia.

Isto decorre da remobilização deste solo de alteração do diabásio de seu local original, acima da área do empreendimento e do outro lado da rodovia, em épocas passadas,

através de movimentos gravitacionais tais como pequenos escorregamentos e carriamento por águas pluviais.

Este longo e contínuo movimento ocasionou a situação que pode ser vista atualmente em campo e concordante com o mapa de geologia e de solos existente na região.

Sobre as camadas de material "in situ", composto de sedimentos finos da Bacia do Paraná, encontram-se materiais provenientes de porções mais altas, resultado da alteração de diabásio, essencialmente argiloso, marrom arroxeadado e com espessura de vários metros, o que favorece muito o empreendimento, dada sua baixa permeabilidade natural.

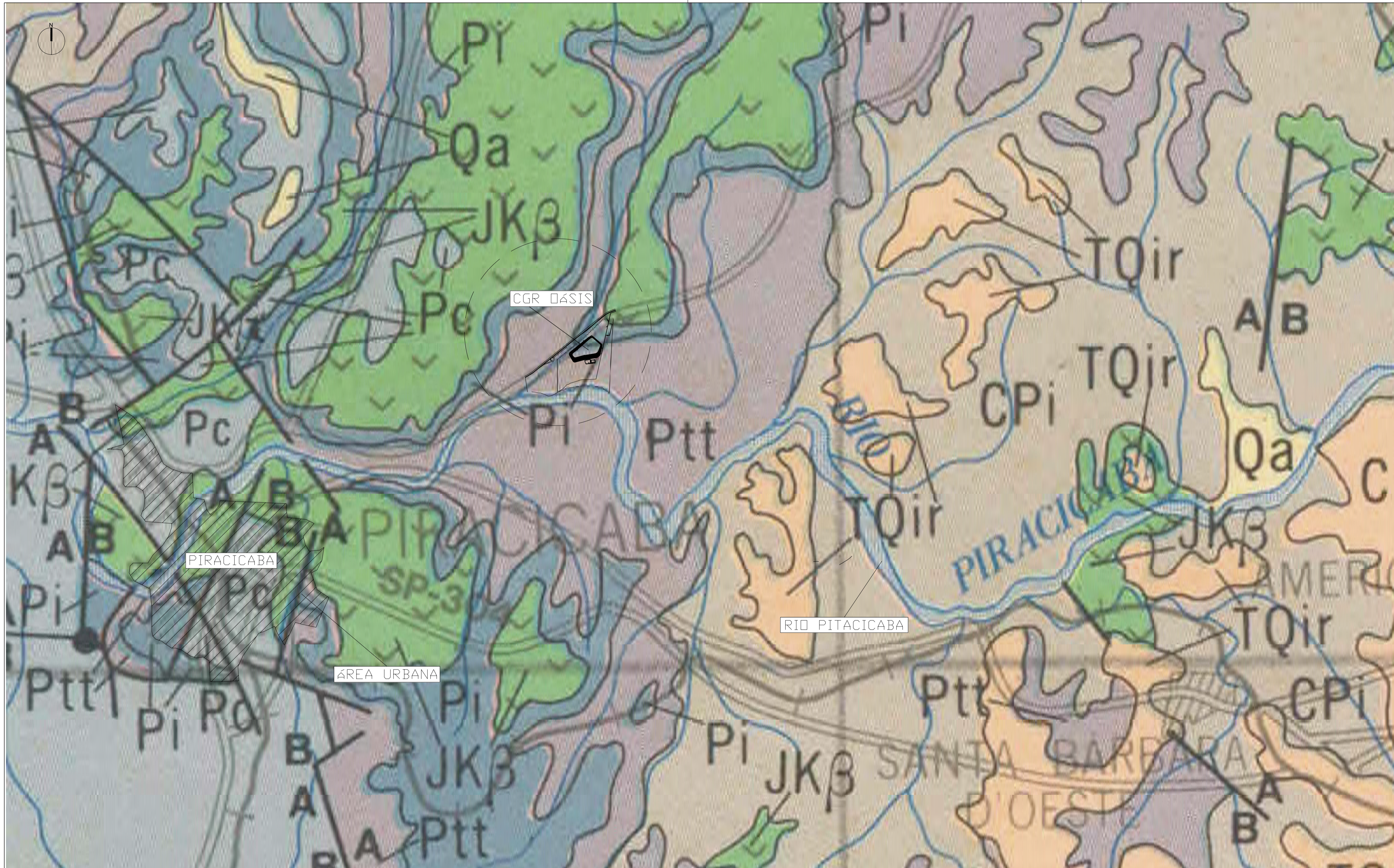


Figura 11: MAPA GEOLÓGICO DE DETALHE

- Legenda
- CENOZÓICO
- Sedimentos Aluvionares (Qa)
 - Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatadas à Formação Rio Claro (TQir)
- MESOZÓICO
- Intrusivas Básicas Tabulares (JKβ)
- PALEOZÓICO – Grupo Passa Dois
- Formação Corumbataí (Pc)
 - Formação Iratí (Pi)
- PALEOZÓICO – Grupo Tubarão
- Formação Tatuí (Ptt)
 - Formação Itacaré (CPI)

Escala 1:50.000 Escala gráfica

0 1000 2000 4000m

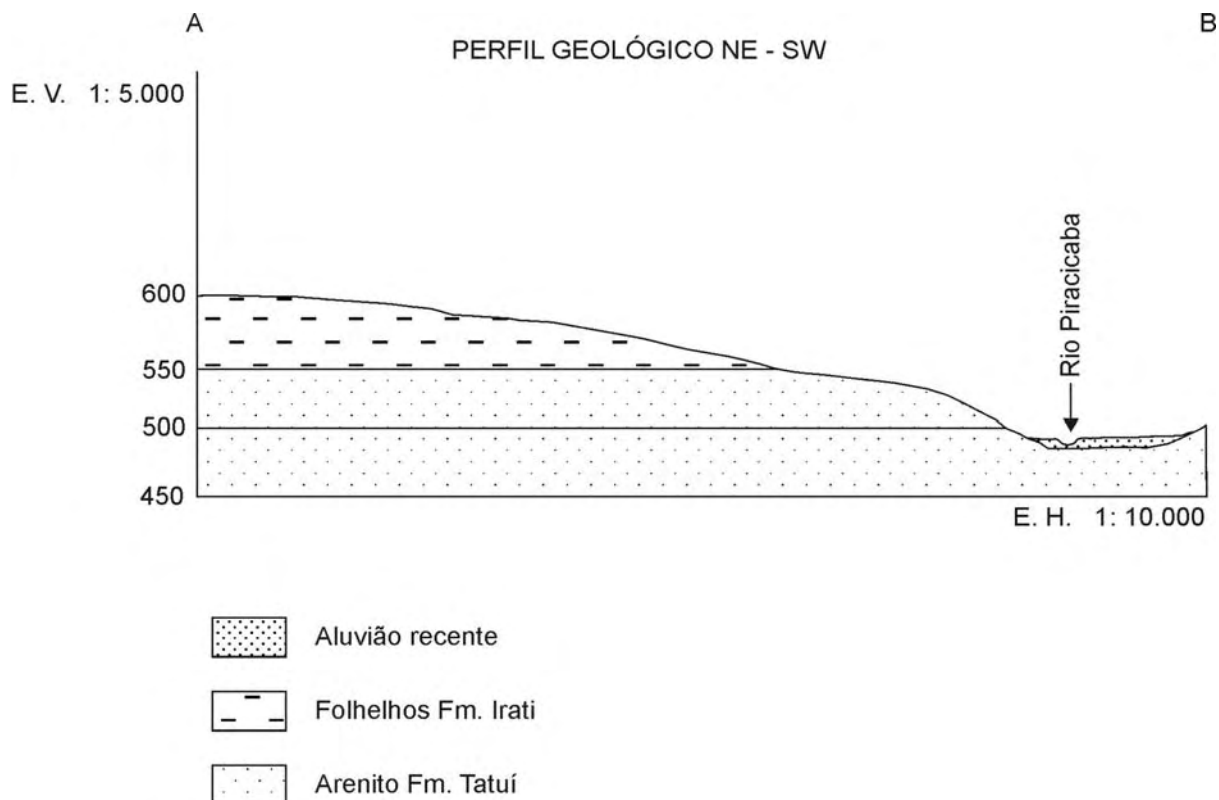


Figura 12: Perfil Geológico da área do empreendimento.

3.1.3. Levantamento Geofísico

O objetivo do levantamento geofísico aqui apresentado foi obter dados que pudessem indicar as feições no subsolo correspondentes a estratos ou camadas geológicas, estimar a profundidade do aquífero freático e detectar anomalias geofísicas que pudessem indicar a presença de fraturamentos e outros caminhos preferenciais das águas subterrâneas, de forma a subsidiar o projeto construtivo dos depósitos de resíduos previstos e embasar o Estudo de Impacto Ambiental.

A técnica geofísica utilizada nos trabalhos de campo foi a eletrorresistividade, através dos métodos da Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e do Caminhamento Elétrico (CE). Para este trabalho foi utilizado equipamento composto de fonte de alta tensão e caixa comutadora produzida por especialista co-autor deste trabalho, além de leitores de corrente e tensão (milivoltímetro).

3.1.3.1. Metodologia Empregada

Os métodos geofísicos são técnicas de investigação indireta de subsuperfície, fornecendo subsídios para a engenharia, a hidrogeologia, a prospecção mineral, os estudos ambientais etc, de forma rápida, não invasiva e, portanto não destrutiva. Para a determinação da profundidade da zona saturada, detecção de caminhos preferenciais ao fluxo subterrâneo, mapeamento de falhas ou fraturas, detecção de plumas de contaminação, etc.

O comportamento físico das rochas depende das propriedades e do modo de agregação de seus minerais e da forma, volume e conteúdo dos poros (geralmente água ou ar). Estes métodos se baseiam no estudo de propriedades elétricas ou eletromagnéticas das rochas, sendo geralmente, a magnitude mais significativa a resistividade elétrica, ou o seu inverso a condutividade.

A resistividade elétrica das rochas, considerando apenas seus minerais constituintes, e da água, pura, é muito elevada, ou seja, elas são praticamente isolantes elétricos. No entanto, os tipos de águas presentes na natureza apresentam condutividade elétrica apreciável, pois sempre tem algum sal dissolvido, sendo que a quantidade e classe destes sais dependem da natureza das rochas com que as águas tiveram contato em seu movimento subterrâneo ou na superfície do terreno, ou ainda dos gases em contato durante a precipitação.

No caso das rochas, todas possuem poros e/ou fissuras em proporção maior ou menor, as quais podem estar ocupadas total ou parcialmente por eletrólitos, do que resulta no conjunto, as rochas se comportarem como condutores iônicos, de resistividade muito variável conforme os casos.

A eletrorresistividade é uma técnica na qual, por meio de um par de eletrodos cravados na superfície do terreno (Figura 13), se injeta corrente elétrica (I) no subsolo, e por um segundo par de eletrodos corretamente posicionados em relação aos de

corrente, mede-se a tensão (V) resultante. Pelo valor de tensão, corrente, à distância entre eletrodos, calcula-se a resistividade aparente dos materiais em subsuperfície.

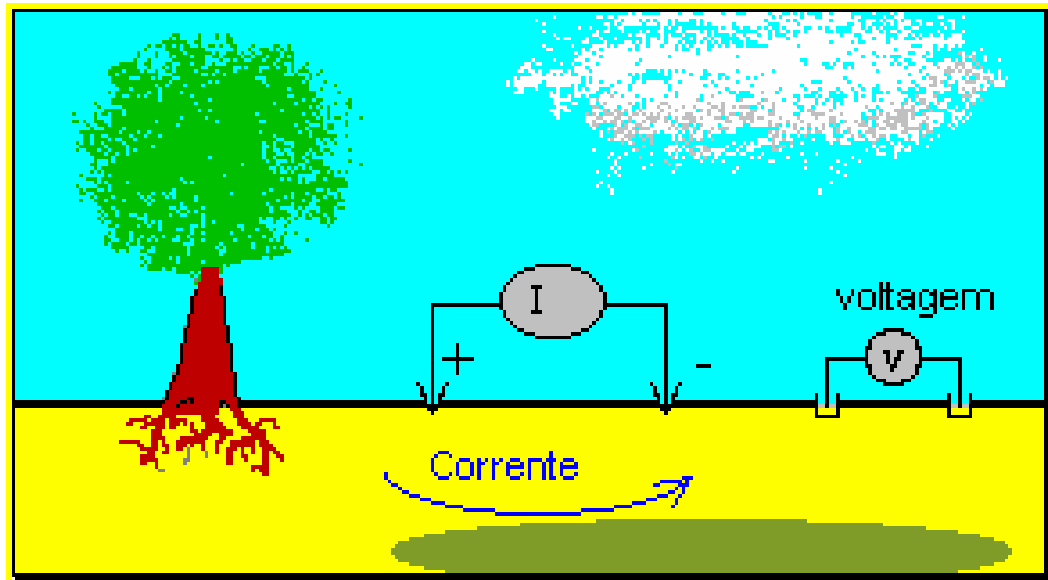


Figura 13: Princípio do Método de Eletrorresistividade.

Um dos métodos mais utilizados na eletrorresistividade e também neste trabalho é o da sondagem elétrica vertical (SEV) por meio do arranjo Schullumberger (Figura 14), aonde o par de eletrodos de corrente (AB) vai sendo aberto em torno do par MN, que se mantém fixo no campo, ou seja, em torno do mesmo ponto, e à medida que isso vai ocorrendo às camadas mais profundas vão sendo investigadas, analogamente a uma sondagem mecânica. Então no ponto escolhido para a execução da sondagem, é obtida uma curva onde se tem a resistividade aparente pela abertura $AB/2$ dos eletrodos de corrente, que após tratamento matemático obtêm-se as distribuições verticais das resistividades (Figura 15) pela profundidade do local.

Os melhores resultados na aplicação da sondagem elétrica são obtidos quando a subsuperfície obedece ao modelo de camadas planas e paralelas, com resistividade elétrica constante no interior desses estratos.

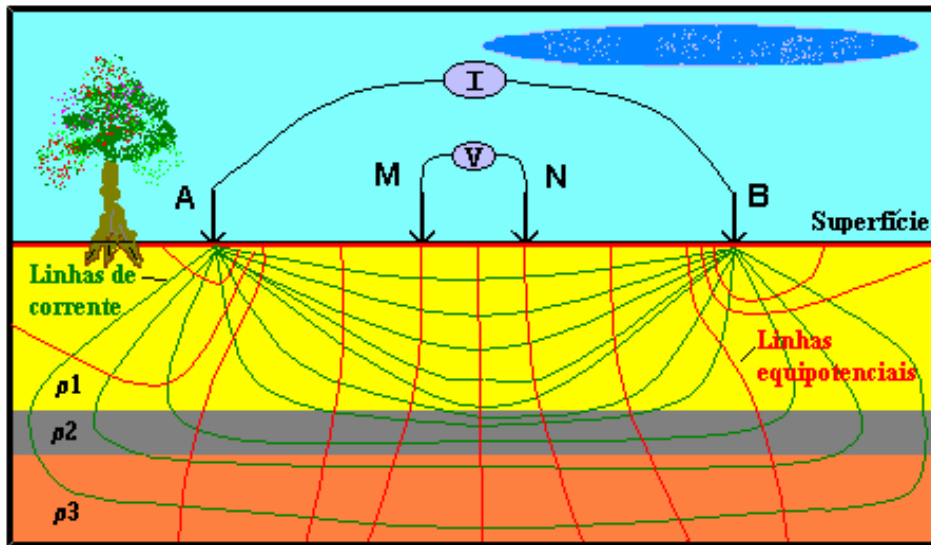


Figura 14: Arranjo Schlumberger utilizado nas SEV.

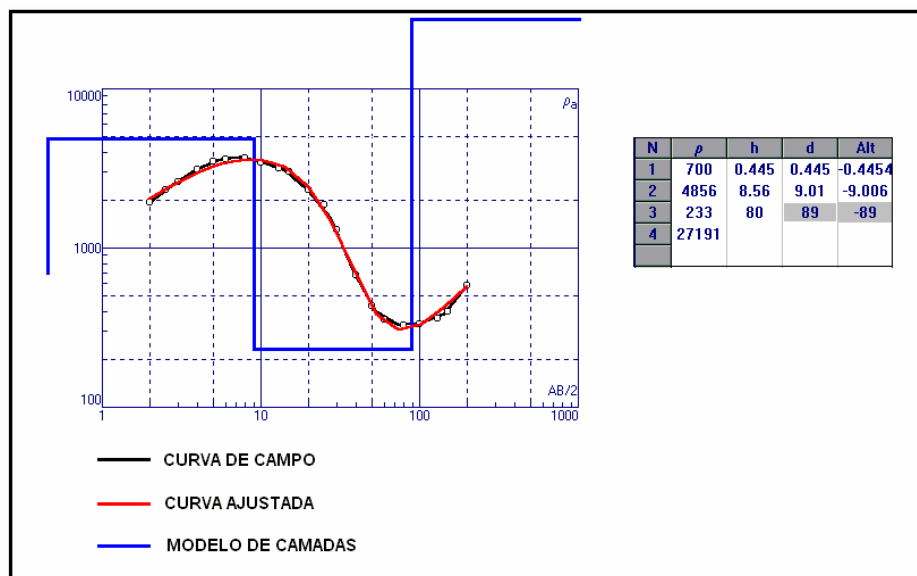


Figura 15: Exemplo de uma curva de campo de uma sondagem elétrica vertical.

Equipamentos de eletrorresistividade para a execução de sondagens elétricas costumam ser bastante simples, consistindo basicamente de uma fonte de corrente para transmissão de sinal ao solo e de um milivoltímetro para recepção do sinal (tensão), vistos na Figura 16.

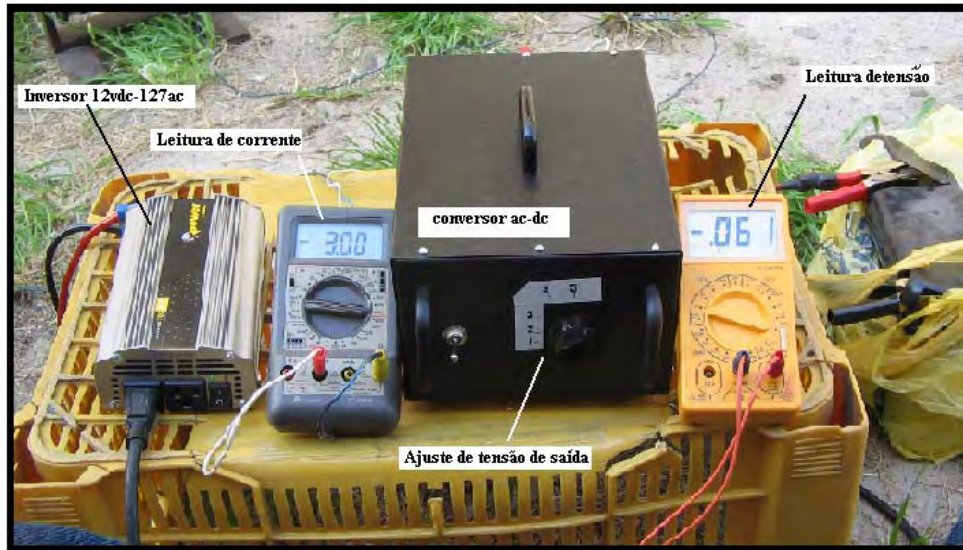


Figura 16: Conjunto para medida de resistividade elétrica.

Já o caminhamento elétrico consiste em executar uma série de medidas de resistividade aparente na superfície do terreno, com um arranjo fixo de eletrodos, ao longo de um perfil, fazendo assim uma varredura lateral da área de interesse. Portanto, cada ponto de medida é lançado em um gráfico (pseudo-seção), onde se tem a posição na superfície pela profundidade estimada (Figura 17).

A pseudo-seção representa as resistividades aparentes que foram lidas pelo instrumento em pontos do perfil, e não as resistividades reais existentes em subsuperfície, portanto é necessário utilizar-se de procedimentos físicos e matemáticos para se chegar às resistividades verdadeiras.

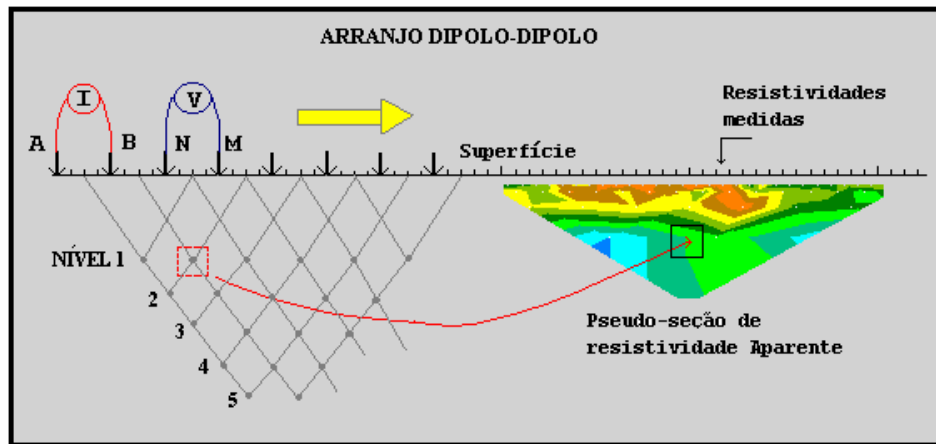


Figura 17: Pseudo-seção de resistividade aparente.

Para essa finalidade faz-se uso de programas de computadores, que realizam os cálculos necessários, com a interação do profissional de geofísica. Neste caso foi utilizado o programa RES2DINV, para inversão das resistividades aparentes das pseudo-seções em resistividades verdadeiras, nas opções usuais oferecidas pelo software, chegando aos modelos que seguem abaixo.

O arranjo de campo utilizado neste trabalho foi o dipolo-dipolo (Figura 18), com 5 níveis de investigação, sendo utilizada a abertura (a) de 20 metros entre os dipolos.

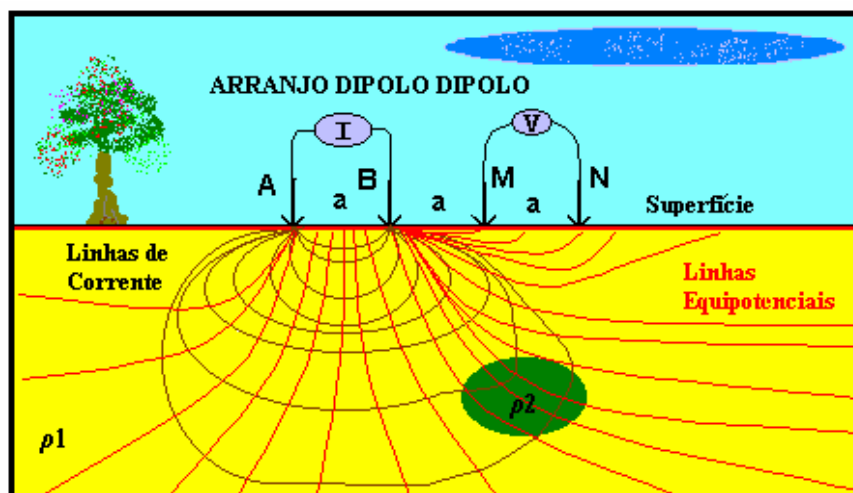


Figura 18: Disposição de eletrodos de campo do arranjo dipolo-dipolo.

Equipamentos de eletrorresistividade costumam ser bastante simples, consistindo basicamente de uma fonte de corrente para transmissão de sinal ao solo e de um milivoltmetro para recepção do sinal (tensão) e também para medida da corrente injetada. Também foi utilizado aqui um sistema semi automático de comutação dos eletrodos de medida, visto na Figura 19.

Os eletrodos utilizados foram barras de aço inox de 50 cm, fixadas no solo de acordo com o espaçamento determinado, sem a necessidade de se melhorar artificialmente a condutividade entre o eletrodo e o solo com água ou solução, uma vez que o solo encontrava-se úmido devido a chuvas que ocorreram nos dias que antecederam aos levantamentos.

A ligação entre os eletrodos e o equipamento foi feita através de um cabo com várias vias (fios), ligado aos eletrodos por meio de conectores do tipo “jacaré”, de forma a melhorar o contato.



Figura 19: Sistema para medida de resistividade, composto por uma fonte de tensão conjugada a um sistema de comutação de eletrodos.

3.1.3.2. Levantamento de Campo

Os levantamentos de campo (Foto 1) foram executados em uma etapa, após a conclusão do levantamento planialtimétrico cadastral e das sondagens mecânicas, de forma a poder ser trabalhar sobre uma base cartográfica adequada e para que se possuíssem subsídios na interpretação dos resultados, tais como os boletins de sondagem mecânica e descrição das amostras de campo observadas nos ensaios SPT.



Foto 1 - Execução de medidas de eletrorresistividade nos arruamentos da plantação de cana.

As SEVs também foram locados em pontos de execução de sondagens a trado ou ensaios SPT, de forma a se balizar os resultados geofísicos com a análise dos perfis

obtidos nas sondagens. A Tabela 4 mostra a relação entre as SEVs e as sondagens mecânicas realizadas.

Sondagem Elétrica Vertical	Sondagem Mecânica
SEV 1	SP – 04
SEV 2	ST – 03
SEV 3	ST – 05
SEV 4	ST – 13
SEV 5	SP – 03
SEV 6	ST – 12

Tabela 4: Localização das sondagens elétricas em relação às sondagens mecânicas próximas.

Foram efetuados três perfis de caminhamento elétrico (CE) e seis sondagens elétricas verticais (SEV) dentro da área proposta para o uso indicado, conforme localização na Figura 20. Os perfis e as sondagens foram locados a partir de uma interpretação prévia da imagem da área, visualizável no Programa Google Earth.

Os perfis de caminhamento foram locados de forma a se cruzarem as estruturas geológicas possivelmente presentes na área, limitado o levantamento à extensa presença da cultura canavieira. Entretanto o bom número e posição dos acessos internos permitiram o levantamento geofísico adequado, previsto no início dos trabalhos.



Figura 20: Localização aproximada dos levantamentos geofísicos, a partir de imagem aérea obtida do programa Google Earth. As setas indicam o sentido dos caminhamentos executados (CE).

3.1.3.3. *Interpretação dos Resultados Geofísicos*

As figuras 21 a 26 mostram os perfis das SEVs executadas, processadas pelo programa de inversão de Sondagens Elétricas IP2win, de uso livre desenvolvido pela Universidade de Moscou. Os resultados mostram uma concordância muito grande das interpretações geofísicas com as sondagens executadas, como se verá adiante. Para maior clareza optou-se por apresentar cada resultado da SEV executada e uma breve explicação do resultado obtido no modelamento.

Apesar do material encontrado na área ser predominantemente argiloso, conforme se depreende dos boletins de sondagem recebidos, nos resultados das SEVs as camadas são geralmente descritas como simplesmente argilosas, argiloarenosas ou

arenosas, tendo em vista os dados geolétricos obtidos. Entretanto a descrição da geologia local, com base em observações de campo e as descrições dos furos de sondagem refletem melhor a situação real, visto serem dados de levantamento direto e amostragem.

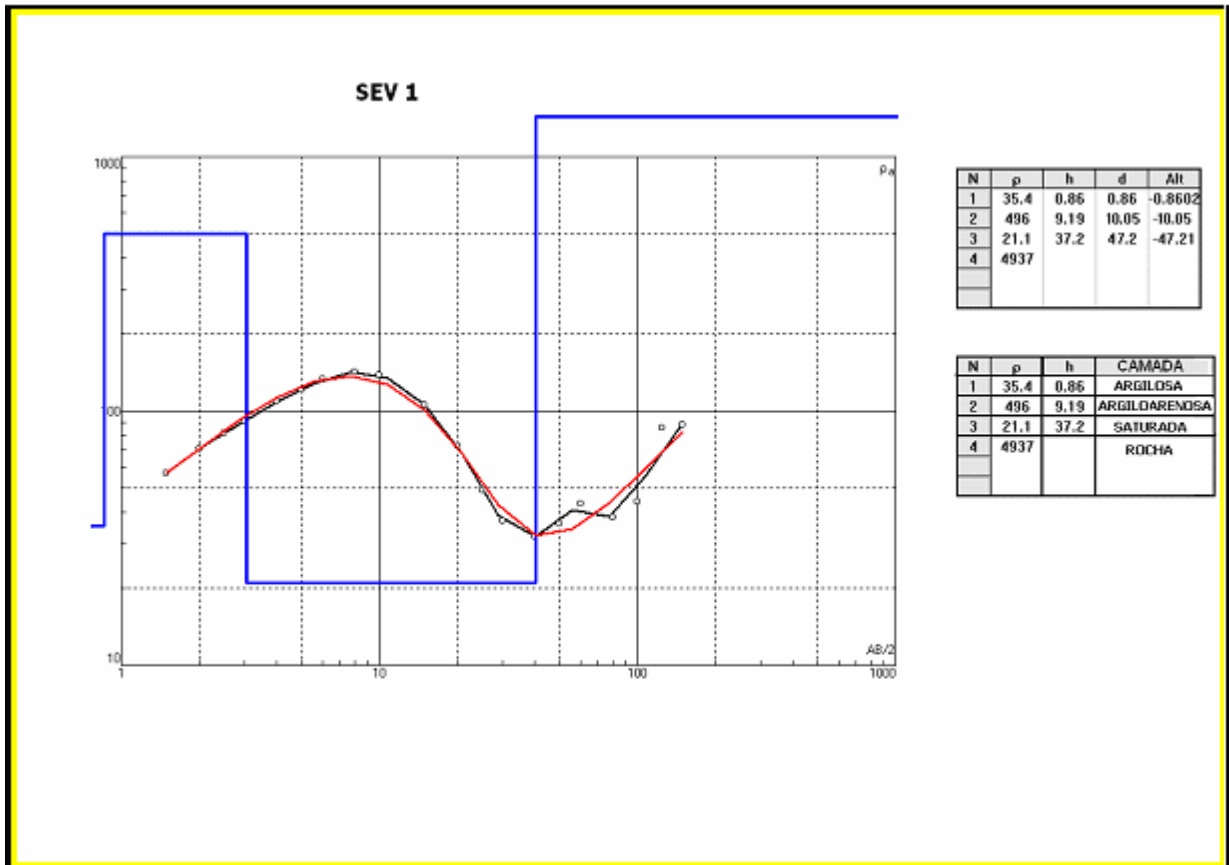


Figura 21: Resultado da modelagem da SEV 1 executada.

Pelos dados obtidos da sondagem mecânica, poderia se esperar que o resultado desta SEV indicasse que a profundidade do nível do aquífero freático estimada fosse de cerca de 13,00 m de profundidade, como se observa no boletim de sondagem recebido (SP 04 – vide anexos). Entretanto o valor obtido pelo modelo indica uma profundidade um pouco menor, de cerca de 10 metros de profundidade.

Esta discrepância, que não chega a ser elevada, deve ser associada às diferentes épocas em que foram feitos os levantamentos, sendo os ensaios de SPT em um período mais seco e os levantamentos geofísicos executados após um período de chuvas o que, inclusive, facilitou o contato galvânico com o solo. Além disso, o resultado obtido pelo método geofísico inclui nesta camada saturada a zona vadosa, onde existe água em volumes muitas vezes próximos ao da saturação do solo, mas que na análise direta não são caracterizados como sendo o nível do freático.

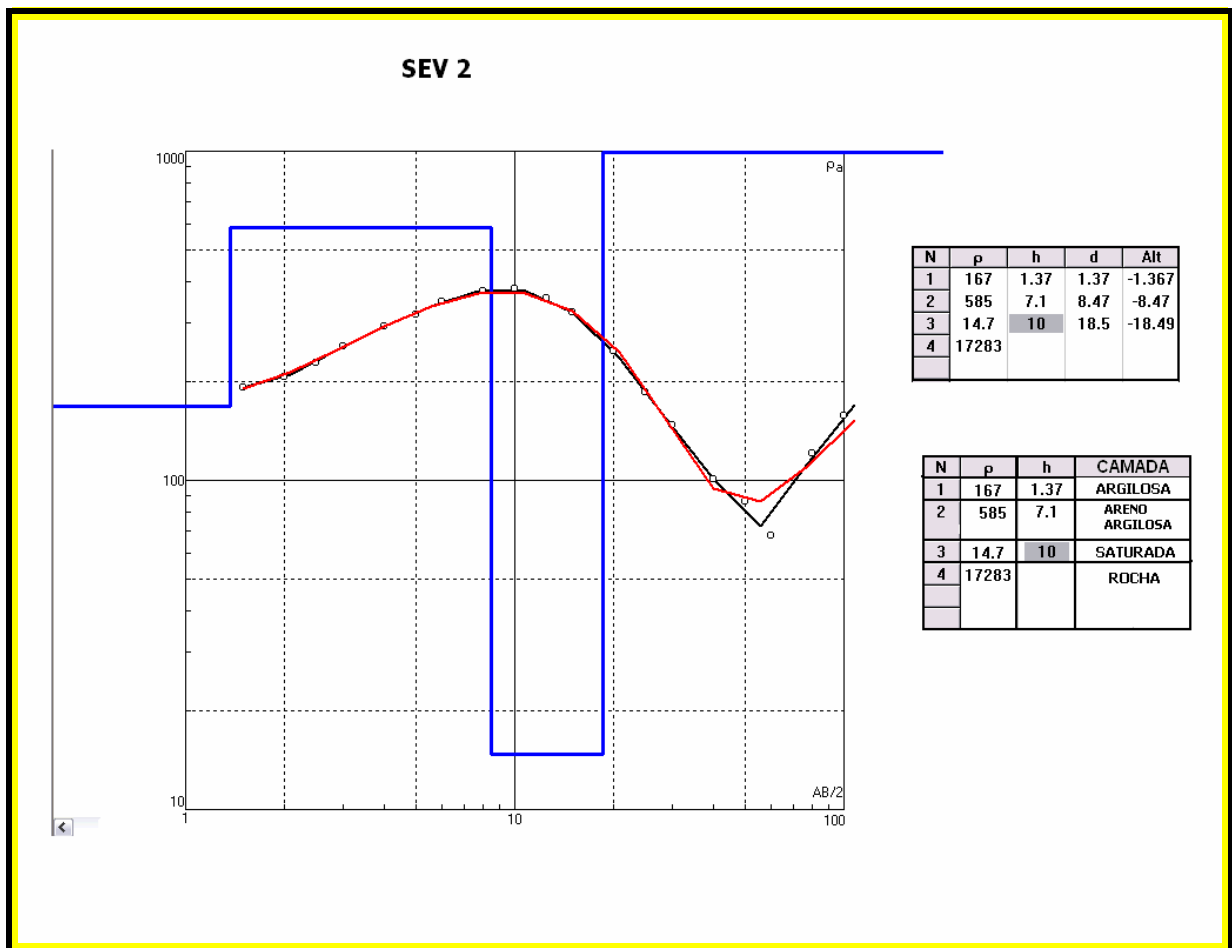


Figura 22: Resultado da modelagem da SEV 2 executada.

Esta SEV, localizada em posição da encosta próxima à SEV 1, indica a posição da camada saturada (N.A.) localizada a cerca de 8,50 m de profundidade, com uma espessura de 10 metros antes da litologia subjacente.

As primeiras camadas, assim como ocorre em quase todos os perfis observados, são essencialmente argilosas ou argilo-arenosas, indicando material pouco permeável mas capaz de reter elevado volume de água.

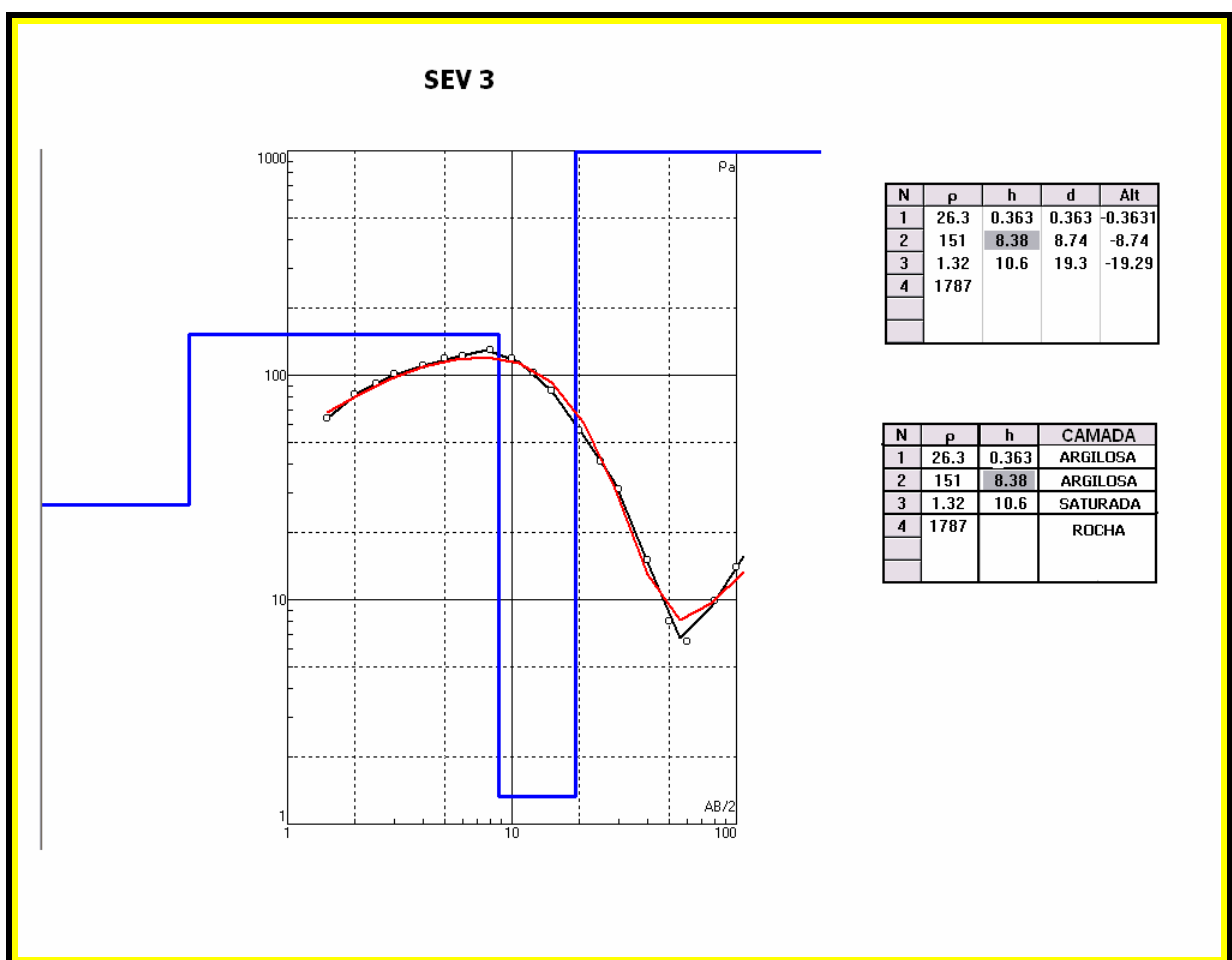


Figura 23: Resultado da modelagem da SEV 3 executada.

O resultado do modelo obtido com esta SEV é bastante similar ao da SEV 2, com uma espessura de material argiloso de cerca de 8,60 m e, abaixo destas, uma camada de

material saturado com pouco mais de 10 metros de espessura. A rocha relativamente sã se encontra, segundo ainda este modelo obtido, a cerca de 19,30m de profundidade.

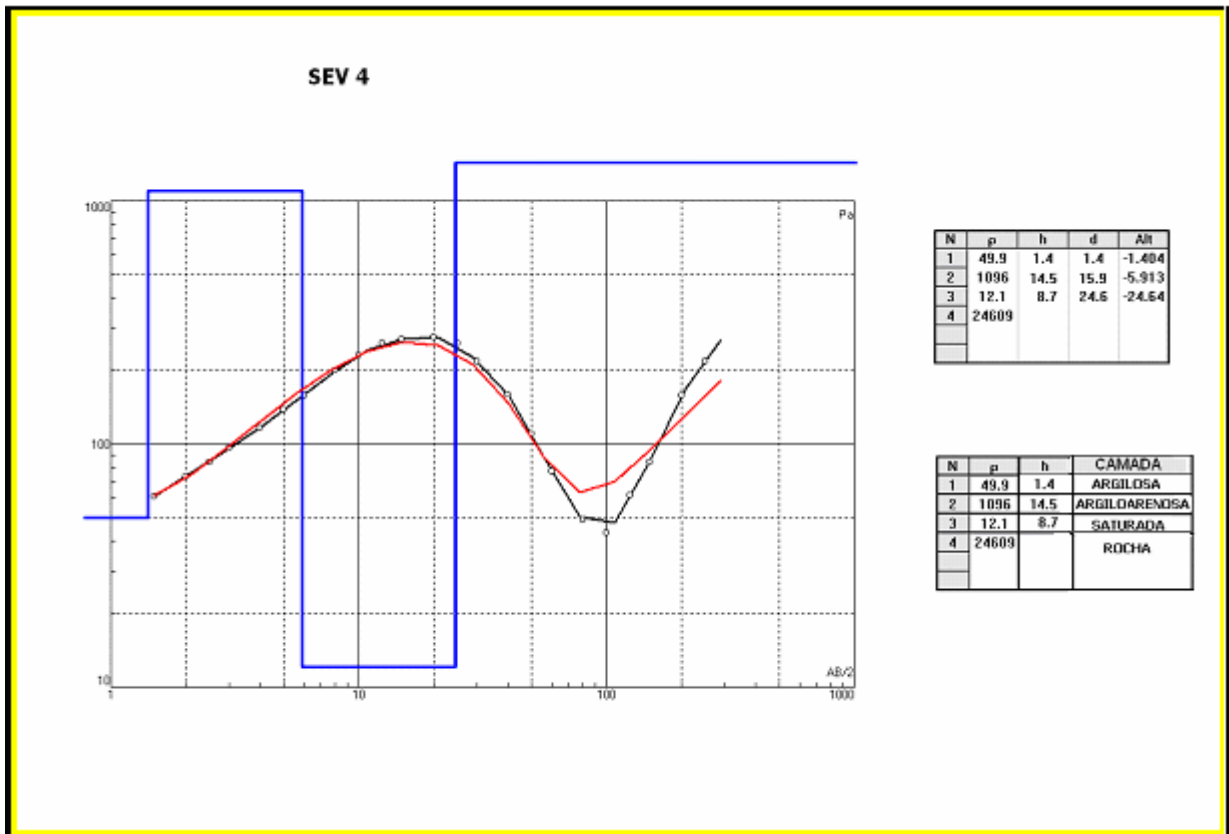


Figura 24: Resultado da modelagem da SEV 4 executada.

O resultado desta SEV, assim como os anteriores, mostra uma camada superficial tida como argilosa ou com maior quantidade de grãos desta dimensão, seguida por uma camada mais resistiva, interpretada como sendo uma camada um pouco arenosa, essencialmente argiloarenosa e não saturada.

Neste caso, a camada saturada segundo o modelo obtido, se encontraria a cerca de 16 metros de profundidade, o que não pode ser confirmado pela sondagem mecânica,

uma vez que o perfil da sondagem SP – 07 indica que o furo foi interrompido na profundidade de 16,58m sem que, entretanto, se atingisse o freático. Mesmo considerando o erro inerente ao método, é de se supor que a camada saturada esteja bem próxima da parte inferior do furo executado.

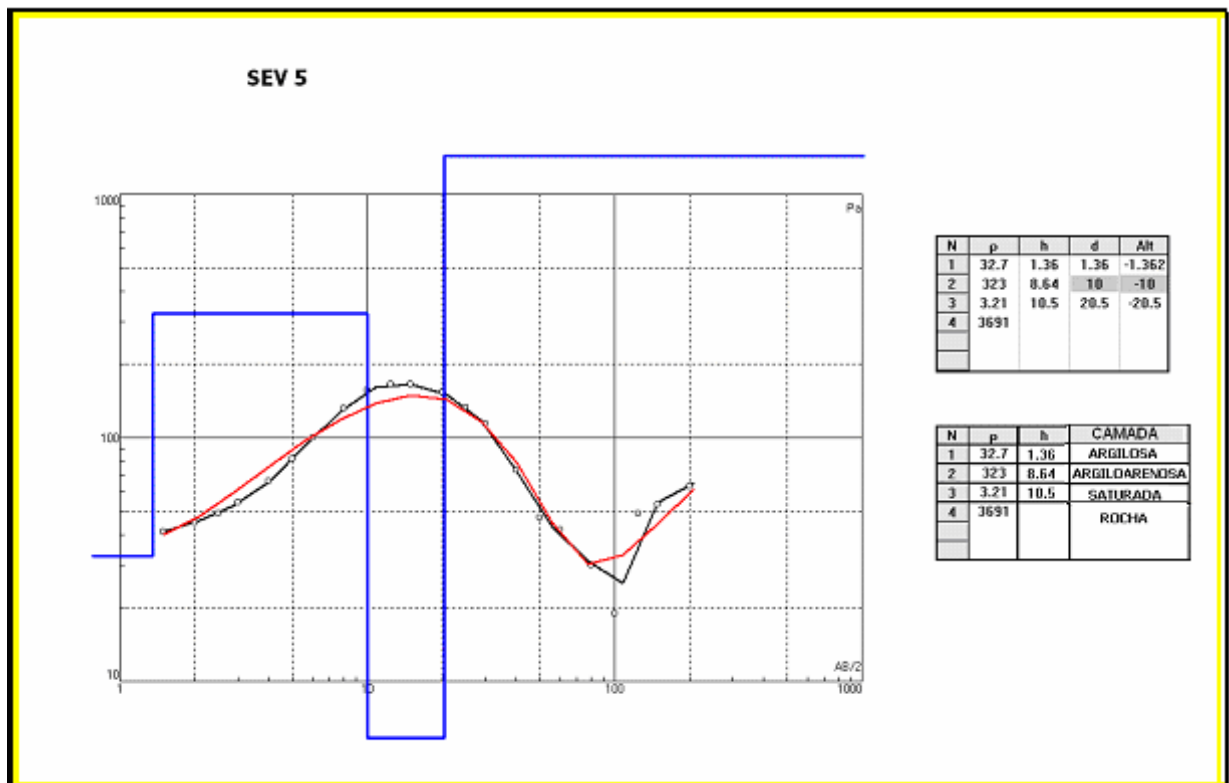


Figura 25: Resultado da modelagem da SEV 5 executada.

O resultado desta SEV é o que mostra a melhor representação da situação encontrada na investigação direta realizada. Tanto na SEV como no perfil obtido para a SP – 03, a profundidade da camada saturada é de 9,90m. Assim como nas anteriores, as camadas sobrejacentes se compõem de porções argilosas e argiloarenosas.

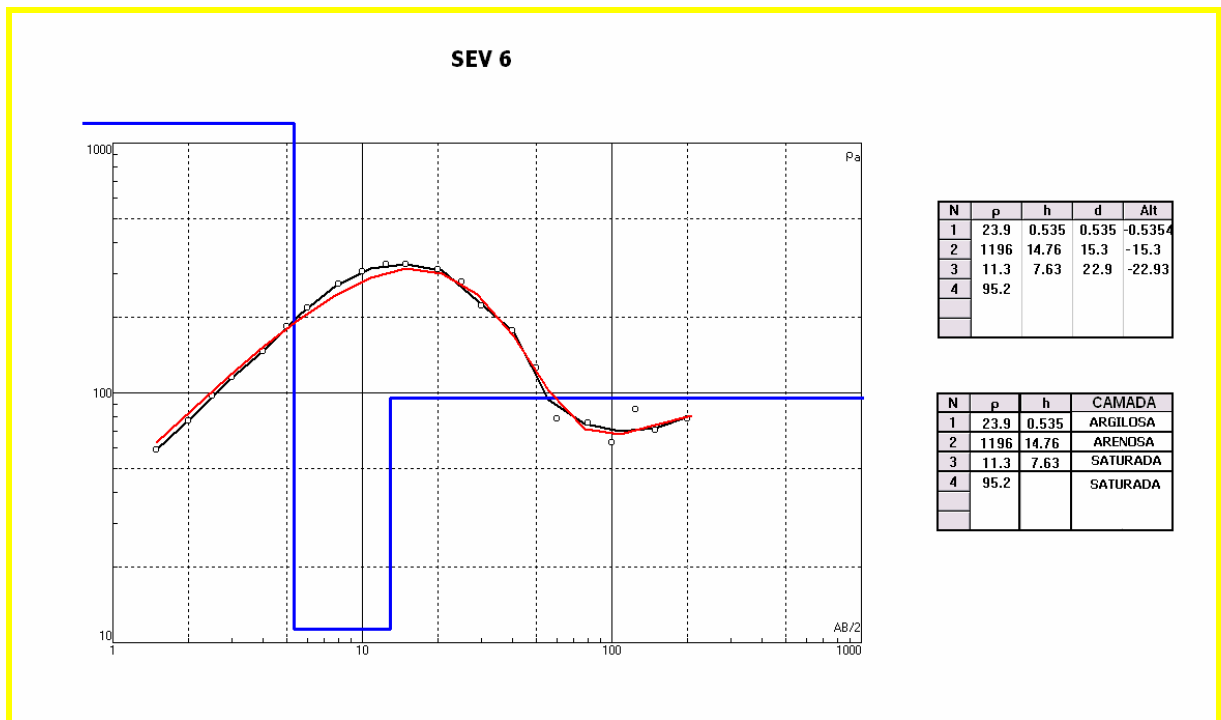


Figura 26: Resultado da modelagem da SEV 6 executada.

Por fim, a SEV 6 executada mostra, em sua modelagem, uma suposta camada saturada a pouco mais de 15 metros de profundidade. Entretanto a sondagem mecânica realizada neste local não indica resultado algum, uma vez que foi interrompida a 4,5m de profundidade pela impenetrabilidade no material escavado. De qualquer maneira o resultado é compatível com a localização da SEV em relação aos demais ensaios executados.

Todos os resultado obtidos, portanto, apontam para camadas saturadas localizadas a mais de 10 metros de profundidade, o que se mostra adequado ao projeto pretendido, uma vez que esta espessura de material predominantemente argiloso apresenta baixa condutividade hidráulica, o que pode ser ainda incrementado após a compactação adequada.

Finalmente, algumas das SEVs executadas (3 a 5), se mostram afetadas nas aberturas maiores, sugerindo que em profundidades maiores as camadas são irregulare. De

qualquer maneira, sua posição estratigráfica é muito afastada da área de interferência do projeto proposto, não consistindo em óbice à implantação do empreendimento.

Os resultados dos caminhamentos elétricos (Figuras 27 a 29) foram obtidos pela utilização do programa de inversão de dados Res2dinv, inclusive com a introdução do perfil topográfico da linha ao modelo final, isto é, ao modelo que se ajustou mais adequadamente aos dados de campo. Os perfis devem ser comparadas aos resultados das Sevs com cuidado, pois no caso da SEVs, à medida que ocorre a abertura dos eletrodos para que sejam amostrados dados cada vez mais profundos, desde a superfície, nos caminhamentos elétricos (CE) efetuados, existe uma perda superficial por causa da abertura dos dipolos(20m) e o resultado por isso não tem a mesma precisão.

Em relação às estruturas verticais ou verticalizadas, os CE apontam para várias estruturas presentes na área, como se verá adiante nas descrições dos perfis executados, podendo estar ligados a fraturamentos, a blocos de rocha ou material das rochas originais menos intemperizado e próximos da superfície.

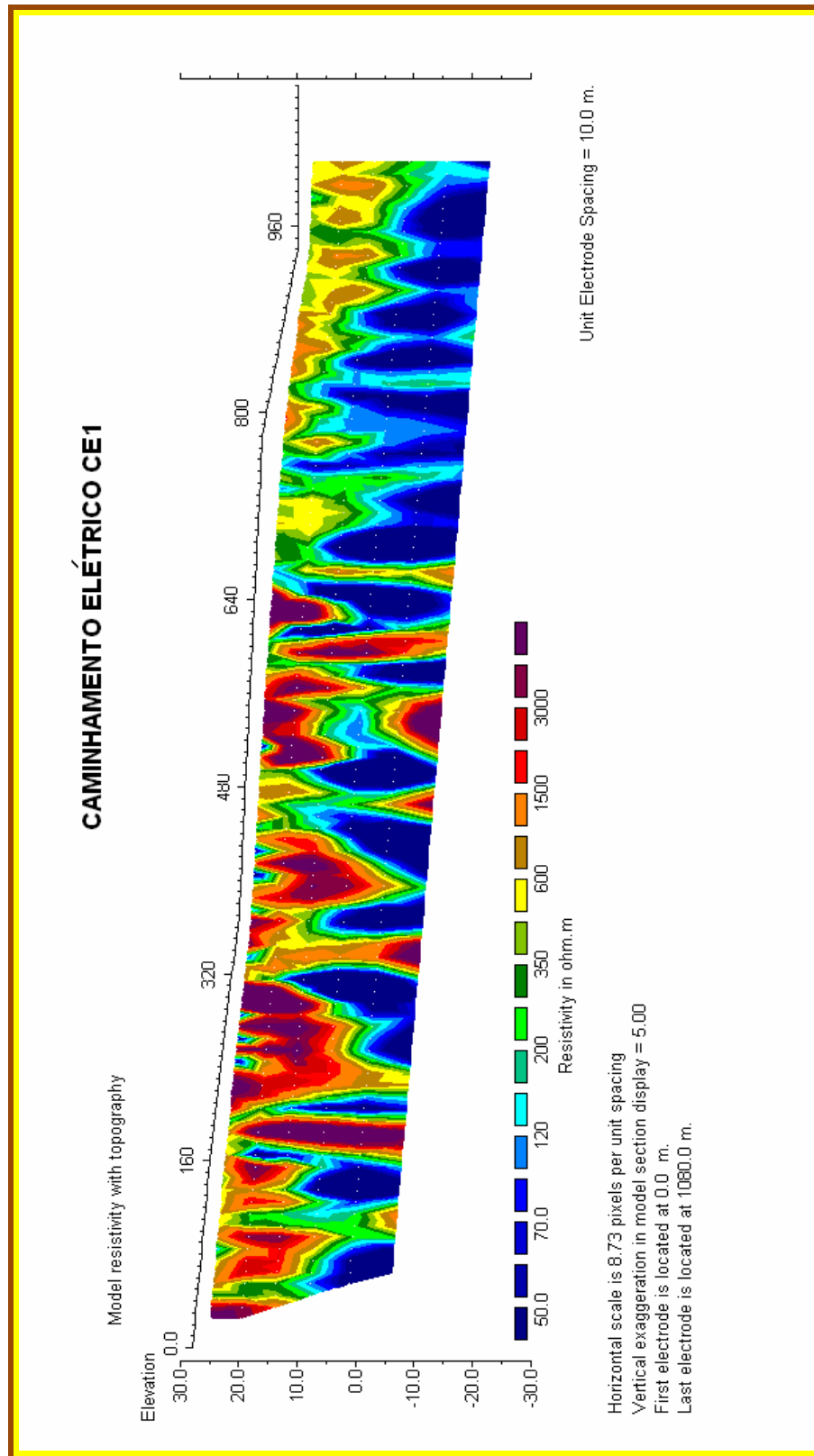


Figura 27: Perfil CE1 com adição de topografia ao modelo.

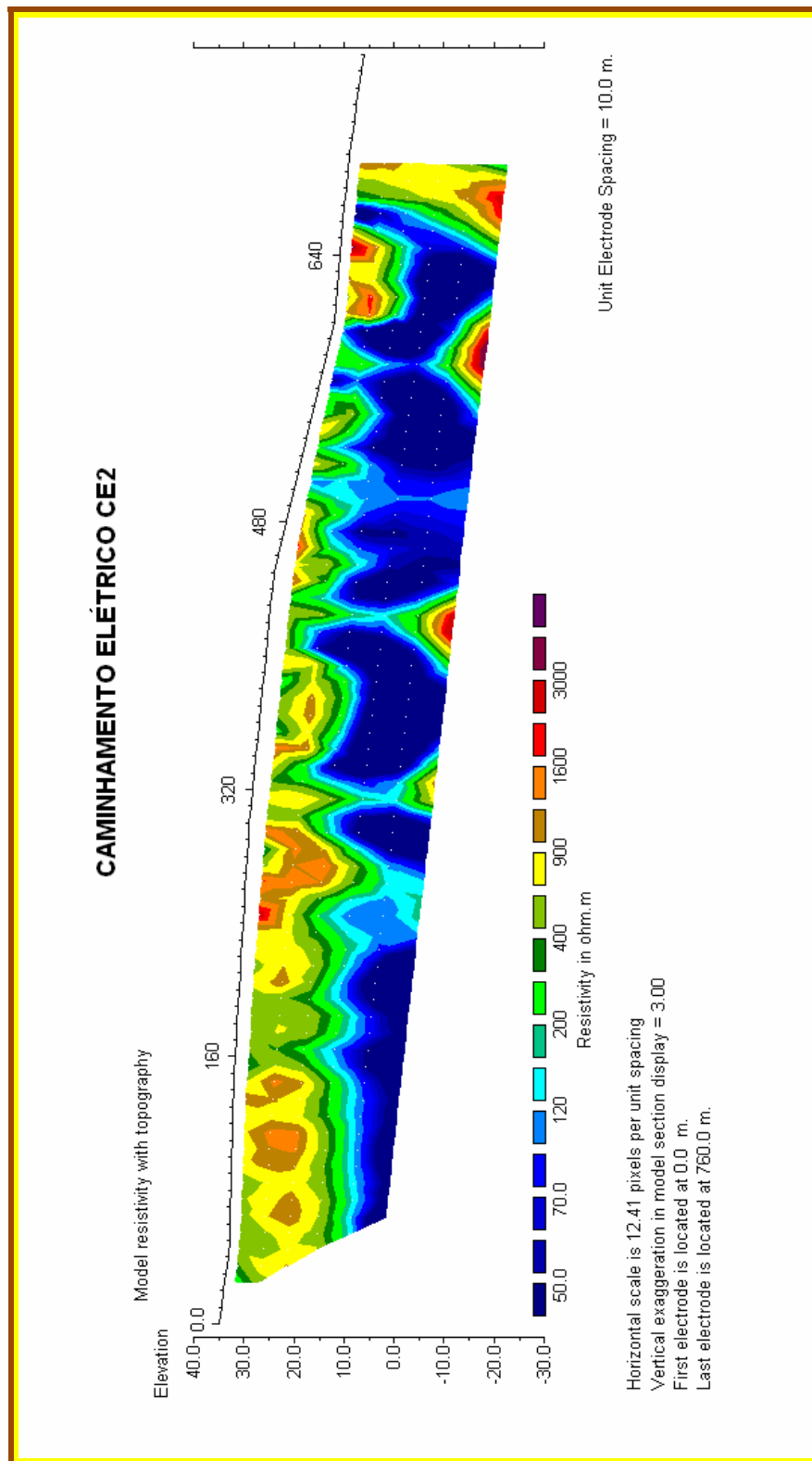


Figura 28: Perfil CE2 com adição de topografia ao modelo.

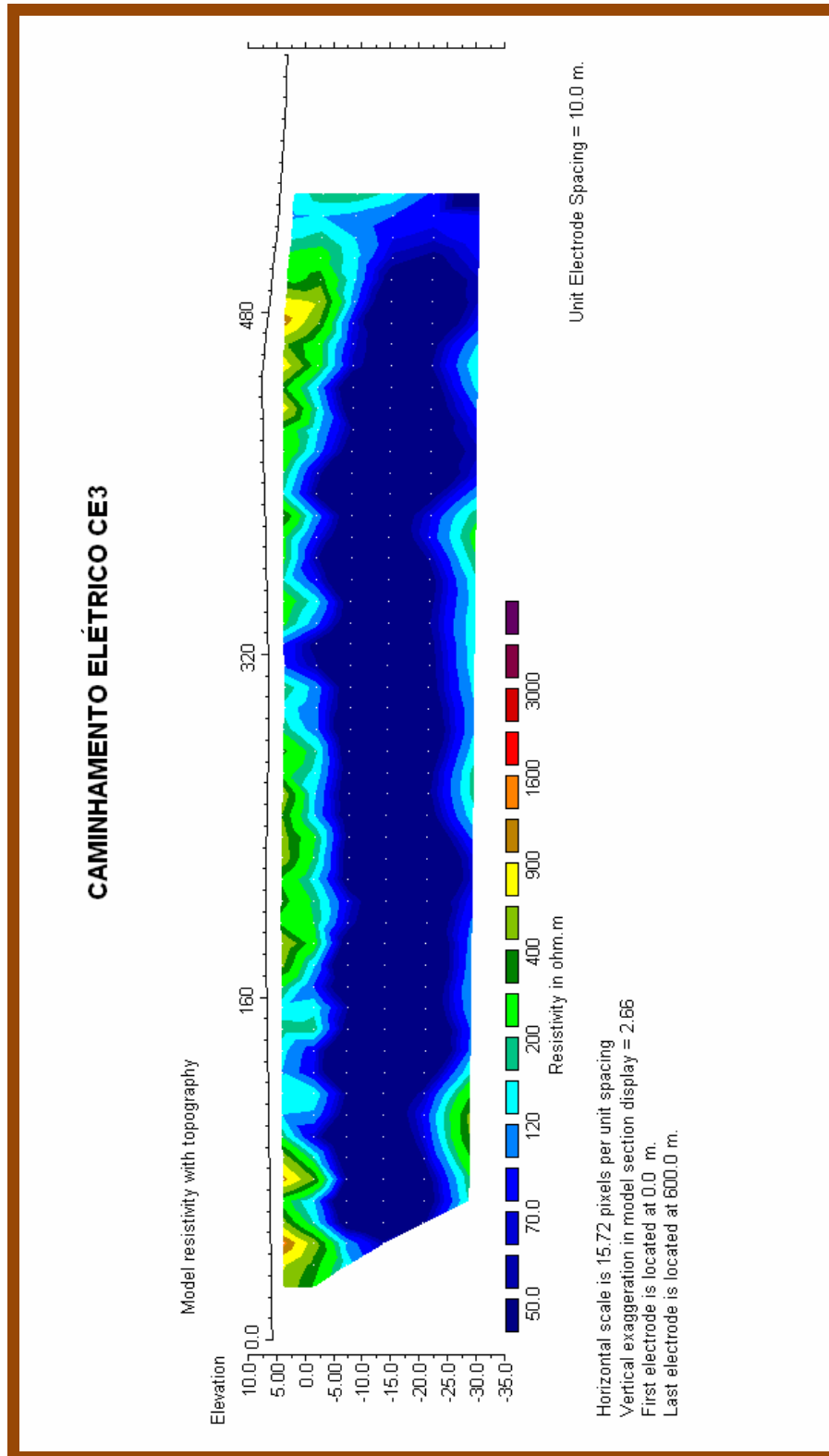


Figura 29: Perfil CE3 com adição de topografia ao modelo.

O CE 01 mostra um trecho com condutividade baixa atingindo a superfície de 650 a 760m sugerindo ser estrutura que provém de subsuperfície. Neste perfil ainda se encontram pontos de resistividade alta na forma de seqüências de estruturas verticalizadas que atingem maiores profundidades nas posições 180, 240, 340, 480, 560 e 600m a partir do início deste perfil. Pode-se inferir que estes pontos estejam associados a blocos de rocha pouco alterados em profundidades mais rasas.

Ainda com respeito às estruturas verticalizadas em profundidade, que estão presentes praticamente no perfil CE1 como esta exibido nas figuras anteriores, a SEV4 esta posicionada nesse trecho e foi interpretado o topo da rocha como sendo uma alta resistividade a 24 metros de profundidade, no entanto o perfil sugere que essa camada esteja mais rasa. Então ao se observar que a curva da SEV se apresenta afetada na porção final devido às camadas serem bastante irregulares no perfil, decorre dessa feição o resultado encontrado na interpretação da sondagem elétrica.

Vale ressaltar que neste perfil não foi possível determinar a profundidade do embasamento rochoso, uma vez que dada a abertura entre eletrodos utilizada, a profundidade máxima de investigação foi cerca de 35 metros, portanto, supõe-se que o embasamento se localiza provavelmente a profundidades maiores que 40 metros.

No CE 02 temos um perfil mais comportado que o anterior, com a presença de camada superficial com resistividade mais elevada adalgando-se ao longo do perfil. Esta camada tem seu ponto mais raso aproximadamente no trecho que se estende entre a posição 500m a partir do início do perfil até 80 metros adiante onde podem existir pequenas fraturas. A seguir no perfil é observada uma provável tendência de aumento de resistividade no final da linha executada, entretanto, uma vez que o levantamento não pode ser continuado pela sua própria localização, não se confirmou o reaparecimento desta camada resistiva.

Já o perfil do CE 03, bastante homogêneo, apresenta resistividade baixa por toda a linha sendo somente uma pequena faixa com valores mais elevados no fim do levantamento. Uma porção com resistividade baixa, aflorando em superfície, pode ser

vista entre os pontos 100 e 160 do perfil, devendo estar associada à estrutura onde se encontra a drenagem existente na área, bem encaixada no relevo, porém na posição 320 novamente baixos valores aparecem pontualmente, que sugerem sejam devido a uma ligeira curva que foi feita na aquisição dos dados e portanto gerando um decréscimo na leitura dos dados de campo.

Esta estrutura, além dos outros pontos de condutividade elevada, pode se tornar caminhos preferenciais de migração de águas subterrâneas.

3.1.3.4. Estudos Geológicos-Geotécnicos e das águas

3.1.3.4.1. Ensaio de Campo

3.1.3.4.1.1. Sondagens de Simples Reconhecimento

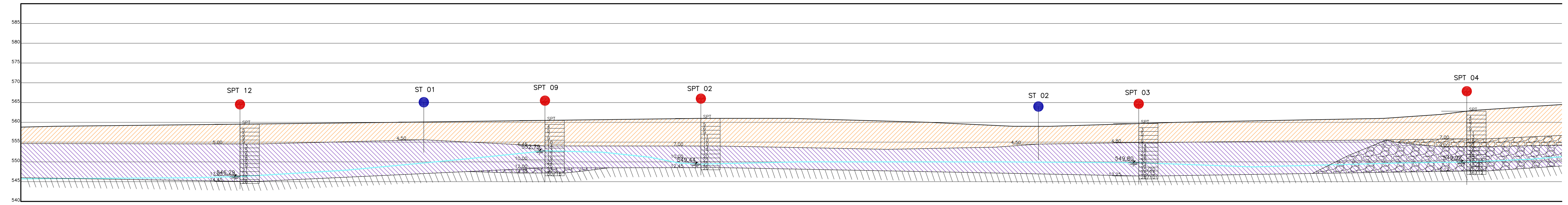
Entre as 35 sondagens de simples reconhecimento realizadas, destacam-se as sondagens à percussão com medida do N do SPT (número de golpes/30 cm) (SP1 a SP20), e as sondagens a trado (ST) (ST 1 a ST15), realizadas para coleta de amostras de solos para ensaios de laboratório. Ensaio de infiltração foram realizados durante as sondagens SP4, SP10 e SP12, cujos resultados para o coeficiente de permeabilidade (k) *in situ* estão resumidos na Tabela 5.

Sondagem	Profundidade (m)	k (cm/s)
SP4	0 - 1,5	$8,26 \times 10^{-5}$
	14 - 15	$2,88 \times 10^{-5}$
SP10	0 - 1,5	$2,87 \times 10^{-5}$
	14 - 15	$9,90 \times 10^{-6}$
SP12	0 - 1,5	$2,15 \times 10^{-4}$
	11 - 12	$3,45 \times 10^{-6}$

Tabela 5: Estimativa da permeabilidade *in situ* a partir de ensaios de infiltração (EPT, 2008a).

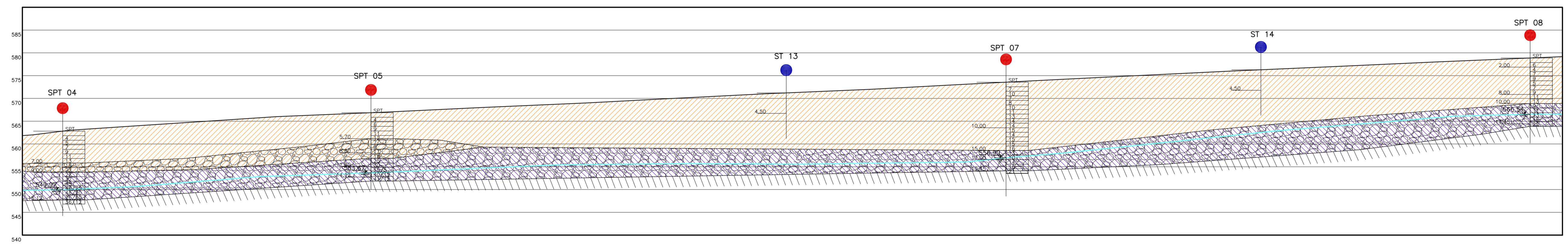
Os perfis de sondagem foram analisados de modo a obter os perfis geológico-geotécnicos da área. Foram estudadas 7 seções, locadas conforme apresentado nas Plantas, em anexo. As seções geológico-geotécnicas obtidas estão definidas na figuras a seguir. Analisando-se estas seções, observa-se que existe uma primeira camada de argila porosa, residual de diabásio, cuja espessura varia de 5 m, a oeste e nas cotas mais baixas, a 10 m, a norte e nas cotas mais altas da área. Conforme se caminha de sudoeste para norte, nordeste, também observa-se a presença de pedregulhos, indicando a presença de solos residuais menos maduros e a

proximidade do solo de alteração de rocha (S.A.R.), ou mesmo da própria rocha (Seções 1 e 2). Em média, a posição do nível d'água está localizada a 13 m de profundidade na região onde será implementado o aterro (Seções 1, 2 e 3). Conforme se caminha de norte para sul, a espessura do solo residual maduro (argila porosa marrom arroxeadada) tende a diminuir, assim com a presença de pedregulhos tende a desaparecer, dando espaço a solos sedimentares e aluviões na região de drenagem localizada ao sul do aterro (Seções 4, 5, 6 e 7 e SPs 8, 9 e 10).



ESCALA 1:1000
Seção 01










ESCALA 1:1000

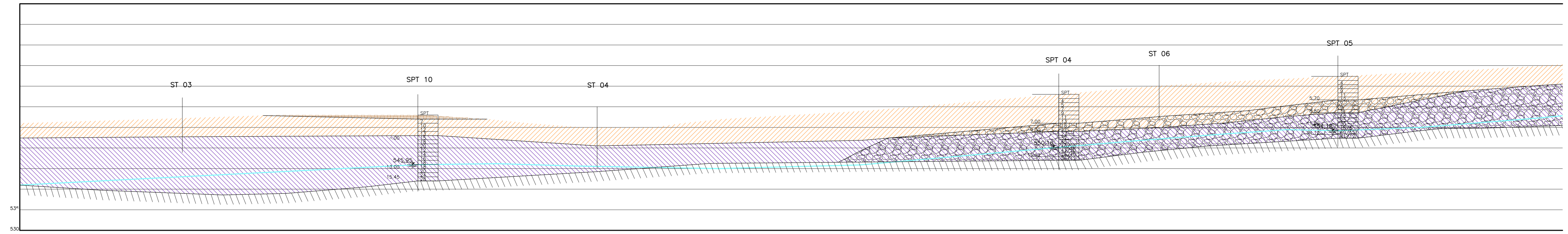


ESCALA 1:1000
Seção 01 (CONTINUAÇÃO)

Figura 30: PERFIL DE SONDAGEM - SEÇÃO 1

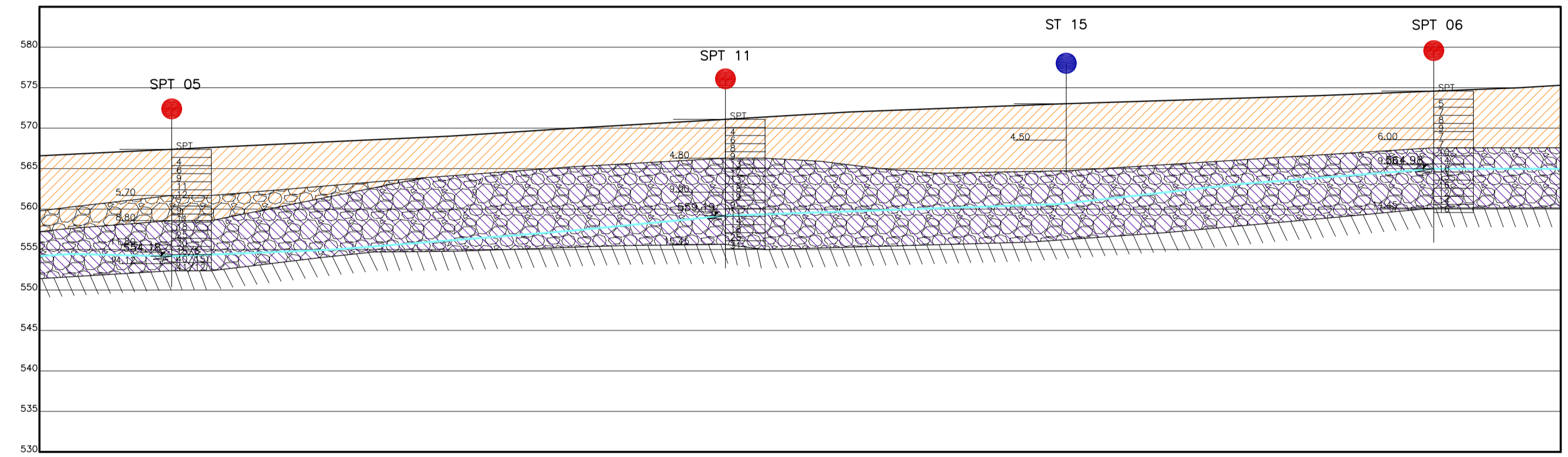
LEGENDA

-  Solo Superficial
-  Material 01: Argila siltosa porosa, com areia fina, marrom arroxeadada, com consistência média – Residual de Diabásio
-  Material 02: Argila siltosa, com areia fina, rija dura, cinza variegada (S.A.R.)
-  Material 03: Argila porosa siltosa com areia e pedregulhos finos, marrom variegado
-  Material 04: Silte arenoso ou argiloso, medianamente compactado, micácea, marrom
-  Presença de Pedregulhos
-  Rocha ou impenetrável ao SPT
-  Cota de nível
-  Nível D'água



ESCALA 1:1000


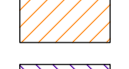
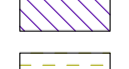

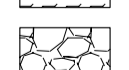
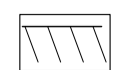
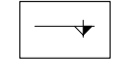


Seção 02

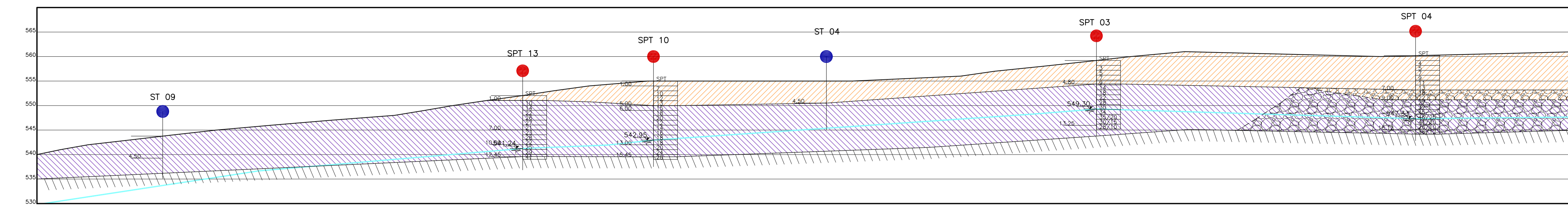


ESCALA 1:1000

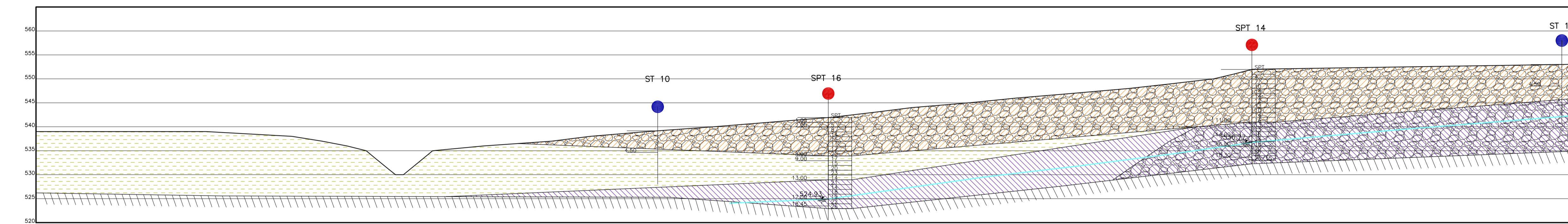
Seção 02 (CONTINUAÇÃO)

Figura 31: PERFIL DE SONDAGEM - SEÇÃO 2

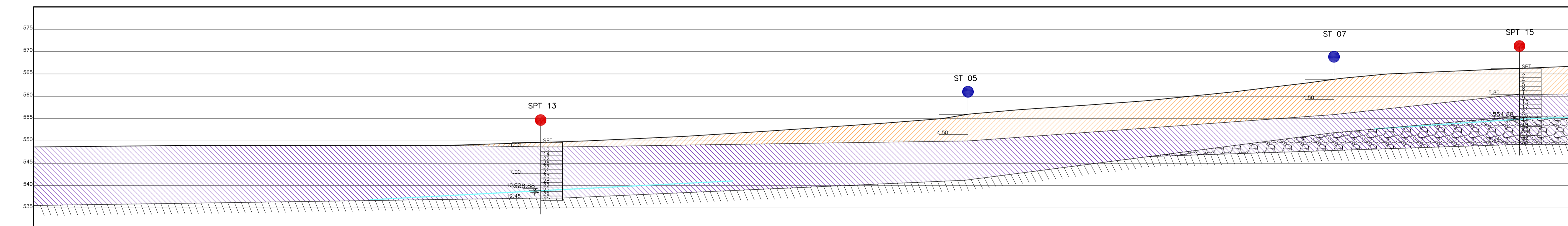
- LEGENDA
-  Solo Superficial
 -  Material 01: Argila siltosa porosa, com areia fina, marrom arroxeadada, com consistência média – Residual de Diabásio
 -  Material 02: Argila siltosa, com areia fina, rija dura, cinza variegada (S.A.R.)
 -  Material 03: Argila porosa siltosa com areia e pedregulhos finos, marrom variegado
 -  Material 04: Silte arenoso ou argiloso, medianamente compactado, micácea, marrom
 -  Presença de Pedregulhos
 -  Rocha ou impenetrável ao SPT
 -  Cota de nível
 -  Nível D'água



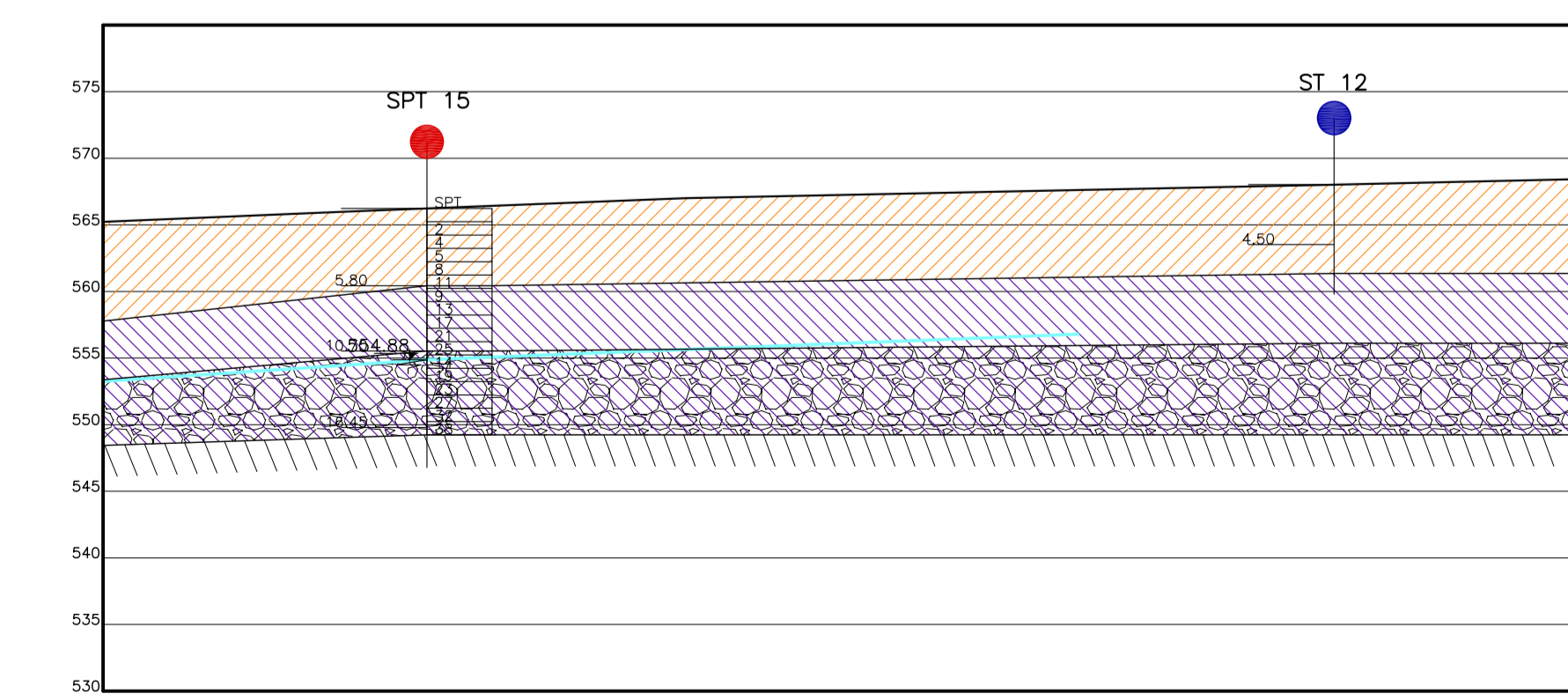
ESCALA 1:1000
Seção 05



ESCALA 1:1000
Seção 04



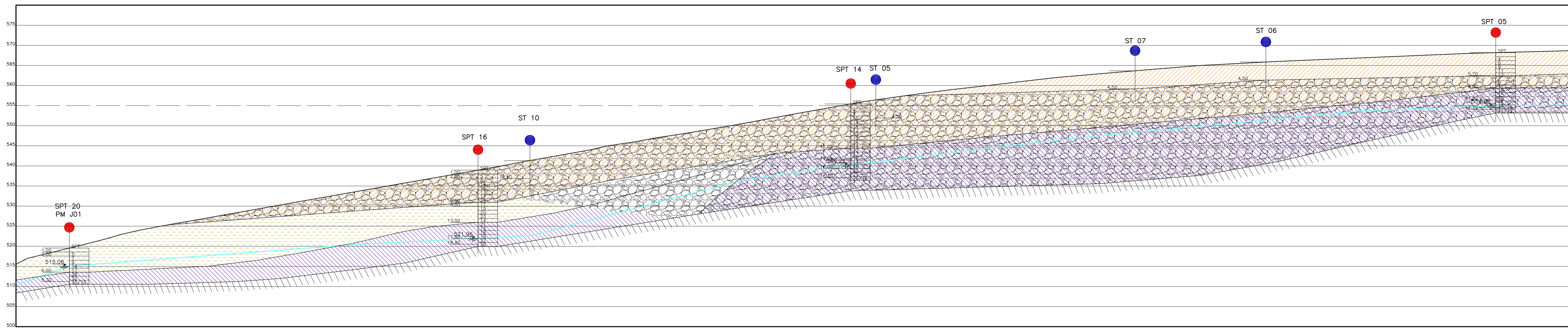
ESCALA 1:1000
Seção 03



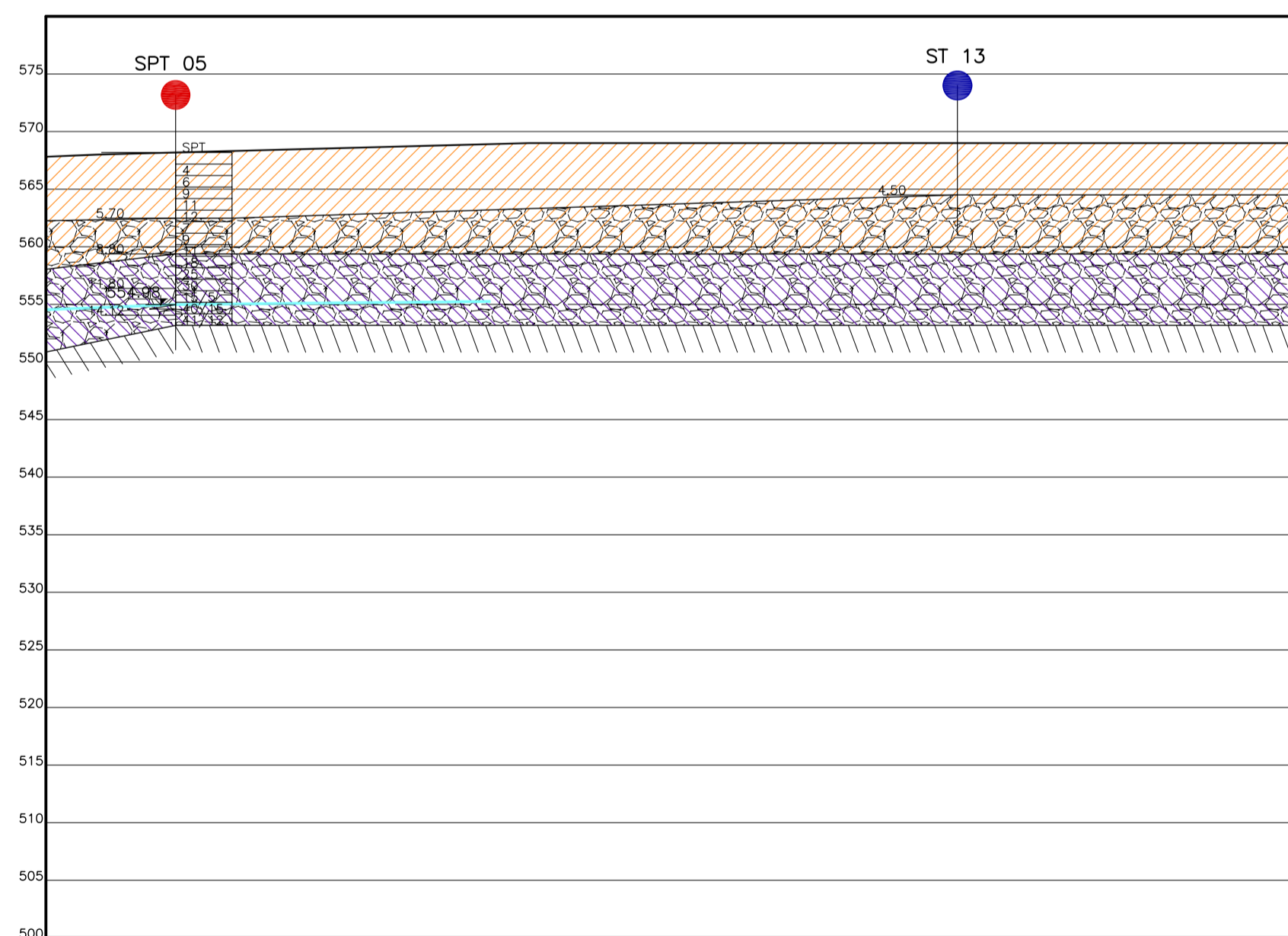
ESCALA 1:1000
Seção 03 (CONTINUAÇÃO)

Figura 32: PERFIL DE SONDAGEM - SEÇÃO 03,04 E 05.

- LEGENDA
- Solo Superficial
 - Material 01: Argila siltosa porosa, com areia fina, marrom arroxeadada, com consistência média – Residual de Diabásio
 - Material 02: Argila siltosa, com areia fina, rija dura, cinza variegada (S.A.R.)
 - Material 03: Argila porosa siltosa com areia e pedregulhos finos, marrom variegado
 - Material 04: Silte arenoso ou argiloso, medianamente compactado, micácea, marrom
 - Presença de Pedregulhos
 - Rocha ou impenetrável ao SPT
 - Cota de nível
 - Nível D'água












ESCALA 1:1000
Seção 06

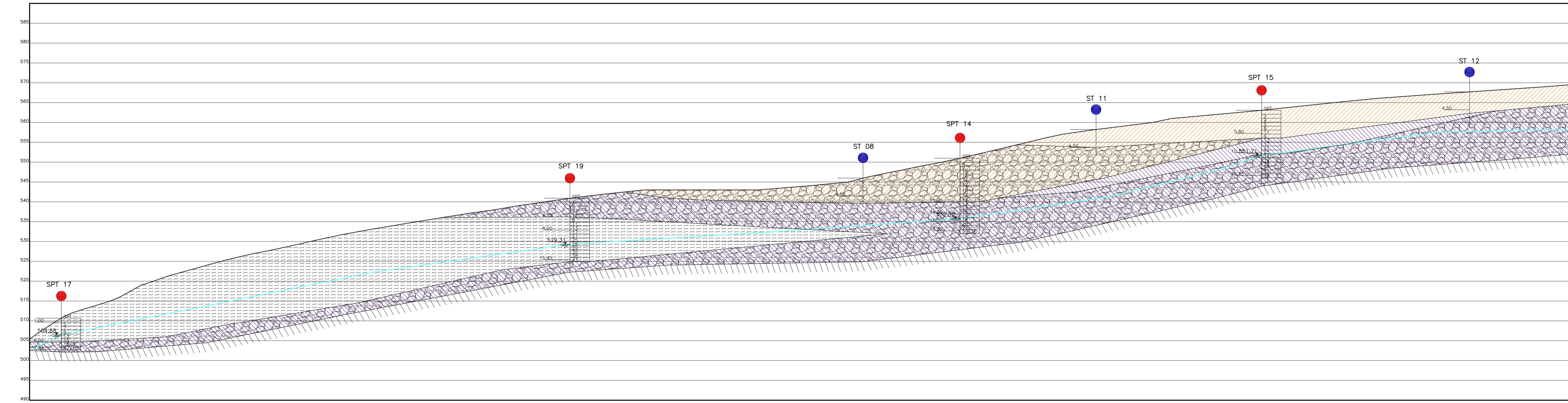


ESCALA 1:1000
Seção 06 (CONTINUAÇÃO)

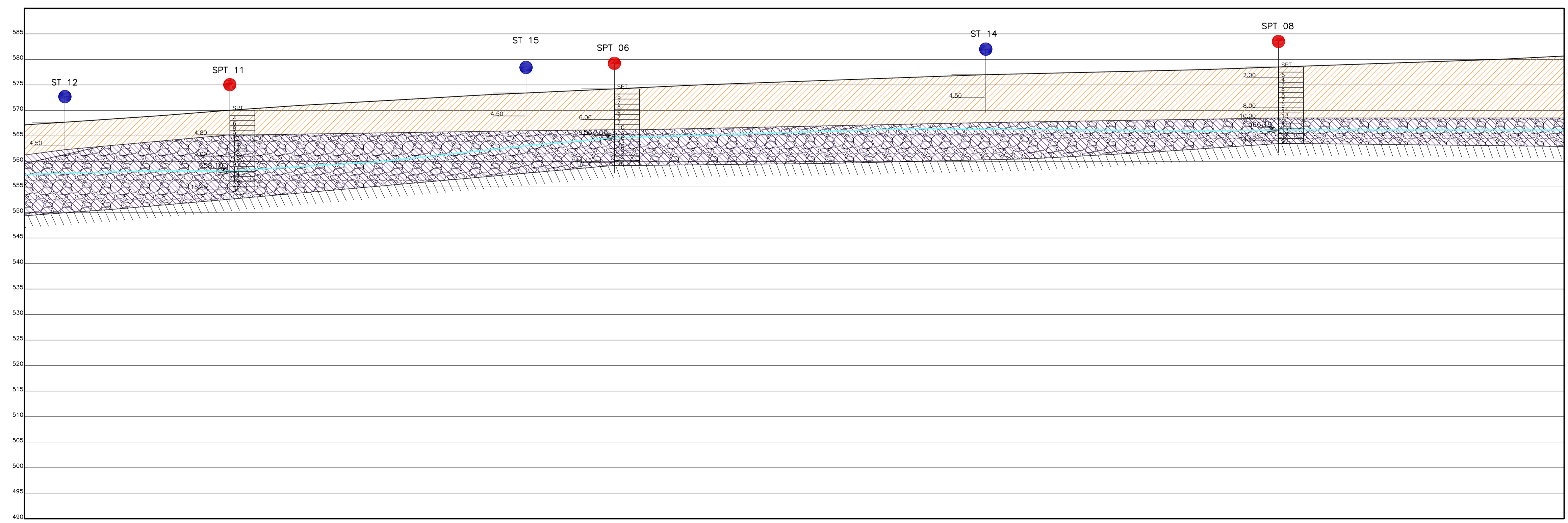
Figura 33: PERFIL DE SONDAGEM - SEÇÃO 06.

LEGENDA

-  Solo Superficial
-  Material 01: Argila siltosa porosa, com areia fina, marrom arroxeadada, com consistência média – Residual de Diabásio
-  Material 02: Argila siltosa, com areia fina, rija dura, cinza variegada (S.A.R.)
-  Material 03: Argila porosa siltosa com areia e pedregulhos finos, marrom variegado
-  Material 04: Silte arenoso ou argiloso, medianamente compactado, micácea, marrom
-  Presença de Pedregulhos
-  Rocha ou impenetrável ao SPT
-  Cota de nível
-  Nível D'água












ESCALA 1:1000
Seção 07



ESCALA 1:1000
Seção 07 (CONTINUAÇÃO)

Figura 34: PERFIL DE SONDAGEM - SEÇÃO 07.

LEGENDA

-  Solo Superficial
-  Material 01: Argila siltosa porosa, com areia fina, marrom arroxeada, com consistência média – Residual de Diabásio
-  Material 02: Argila siltosa, com areia fina, rija dura, cinza variegada (S.A.R.)
-  Material 03: Argila porosa siltosa com areia e pedregulhos finos, marrom variegado
-  Material 04: Silte arenoso ou argiloso, medianamente compactado, micácia, marrom
-  Presença de Pedregulhos
-  Rocha ou impenetrável ao SPT
-  Cota de nível
-  Nível D'água

3.1.3.4.2. *Ensaio Geofísicos*

Com o objetivo de se obter uma caracterização indireta do subsolo da área onde será implementado o aterro, foram realizados ensaios geofísicos, aplicando-se o método da eletrorresistividade (GEO AMBIENTAL, 2008). Foram efetuados três perfis de caminhamento elétrico (CE) e seis sondagens elétricas verticais (SEV) dentro da área proposta (Figura 10, de localização dos ensaios geofísicos), sendo que as SEVs foram localizadas em pontos de execução de sondagens a trado ou ensaios SPT, de forma que se pudesse comparar os resultados geofísicos (indiretos) com a análise dos perfis obtidos através das sondagens (diretas).

As Figuras 35 e 36 apresentam os resultados da SEV 5 e do SP3, respectivamente, realizadas lado a lado. A comparação entre esses dois resultados revelam que a camada de solo superficial, ou argila porosa, tende a apresentar valores de resistividade variando entre 300 e 600 ohm.m. A presença da zona saturada, abaixo de 10 m nos perfis indicados, tende a apresentar valores de resistividade abaixo de 20 ohm.m.

Nas plantas 8 e 9 (Anexo II) apresentam as seções de resistividade interpretadas a partir dos resultados de caminhamentos elétricos. Uma análise desses perfis confrontados com os perfis geológico-geotécnicos e com a topografia indica a diminuição dos valores de resistividade com a profundidade, indicando a presença da zona saturada de acordo os níveis d'água definidos através das sondagens de simples reconhecimento. Valores acima de 300 ohm.m indicam a presença da zona capilar, assim como a presença de solos residuais maduros não saturados. Os valores de resistividade em superfície tendem a serem maiores também nas cotas mais elevadas, onde existe a presença de pedregulhos, muito resistivos (ou pouco condutivos).

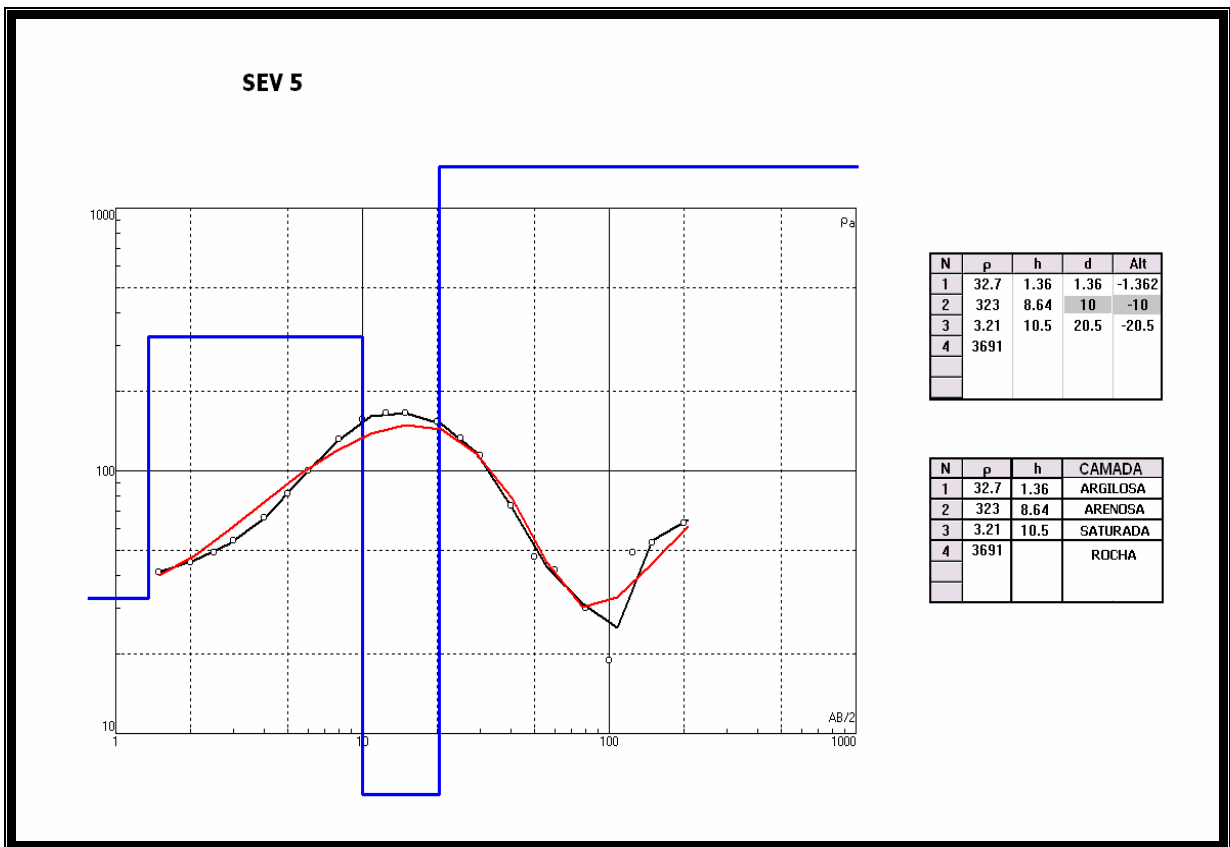


Figura 35: Resultado da modelagem da SEV 5 executada na área (Geo Ambiental SS, 2008).

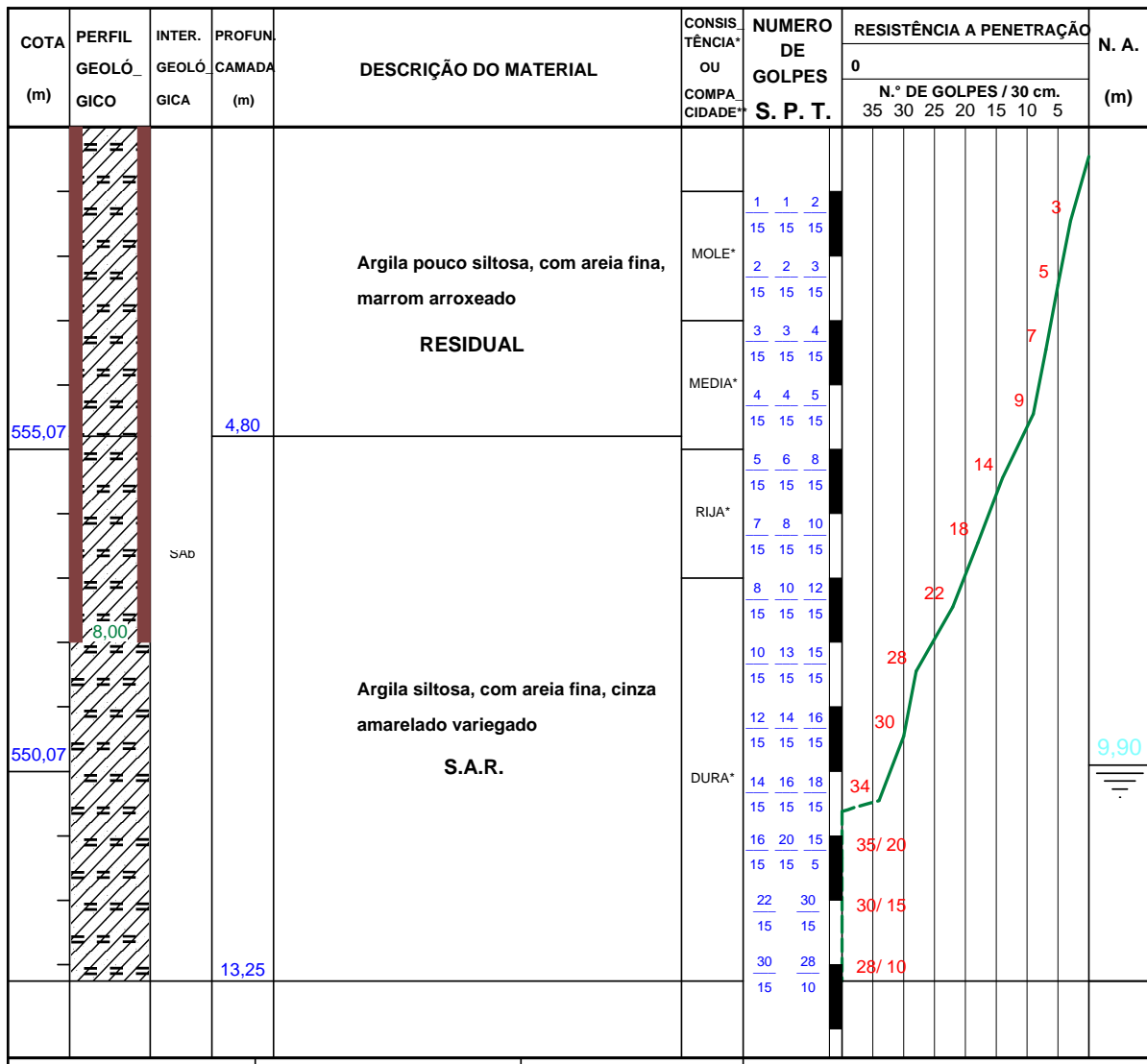


Figura 36: Resultado da sondagem SP 3 executada na área (EPT, 2008a).

3.1.3.4.3. Ensaio de Laboratório

3.1.3.4.3.1. Ensaio Geotécnicos

Para avaliação das características geotécnicas dos solos encontrados na área onde será implementado o aterro, amostras foram coletadas entre 0 e 4,5 m de profundidade, a partir das sondagens a trado (ST), identificadas na Planta 02 apresentado no anexo II, de locação das sondagens.

Com as amostras homogêneas e devidamente preparadas, foram realizados os seguintes ensaios geotécnicos de laboratório, cujos resultados são resumidos na tabela 6.

- Determinação do teor de umidade natural (NBR 6457/86);
- Determinação do limite de liquidez (NBR 6459/84);
- Determinação do limite de plasticidade (NBR 7180/84);
- Análise granulométrica conjunta (NBR 7181/84);
- Determinação da densidade dos grãos (NBR 6508/84);
- Ensaio de compactação com energia normal (NBR 7182/86);
- Ensaio de permeabilidade com acréscimo de bentonita (NBR 14545/00);
- Ensaio de adensamento (NBR 12007/90);
- Ensaio de cisalhamento direto (Lambe, 1951).

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios de compactação e de permeabilidade para as amostras 2 e 8 misturadas com bentonita. Observa-se que o valor do coeficiente de permeabilidade varia pouco com o aumento da quantidade de bentonita. Contudo a diminuição do coeficiente de permeabilidade foi significativa quando comparado com as permeabilidades do solo em estado natural, ou indeformado (Tabela 7), diminuindo de cerca de 10^{-5} cm/s para 10^{-8} cm/s. Deste modo,

a diminuição de k com o acréscimo de 4 % de bentonita já é considerada suficiente para corresponder às especificações como material de impermeabilização do aterro (*liner*). Ou seja, $k = 10^{-8} \text{ cm/s} < 10^{-7} \text{ cm/s}$.

Amostra	% Bentonita (em peso)	Compactação		k (cm/s)
		ρ_d (g/cm ³)	w_{ot} (%)	
2	4	1,62	23,1	$3,4 \times 10^{-8}$
	6	1,60	23,4	$1,8 \times 10^{-8}$
	8	1,61	23,7	$1,7 \times 10^{-8}$
8	4	1,62	24,6	$1,4 \times 10^{-8}$
	6	1,60	24,2	$1,3 \times 10^{-8}$
	8	1,60	25,5	$1,1 \times 10^{-8}$

Tabela 6: Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras misturadas com bentonita (EPT, 2008b).

Am.	ST	Granulometria conjunta (%) Classificação NBR 6502/95				Limites de consistência(%)			ρ_s (g/cm ³)	Compactação		Adensamento			Cisalhamento Direto	
		Areia	Silte	Argila	Descrição	LL	LP	IP		ρ_d (g/cm ³)	W_{ot} (%)	C_c	C_R	C_v (cm ² /s)	c' (kPa)	ϕ'
1	1/3	12	34	54	Argila Siltosa marrom avermelhada	47	29	18	2,914	1,58	24,0	ND	ND	ND	ND	ND
2	2/7	33	25	42	Argila arenosiltosa variegada	45	30	15	2,876	1,66	22,3	ND	ND	ND	ND	ND
3	4	13	28	59	Argila Siltosa variegada	56	37	19	2,890	1,49	28,6	0,067	0,003	0,021	50	30,8
4	5	31	25	44	Argila arenosiltosa marrom amarelada	49	32	17	2,858	1,68	22,2	0,050	0,002	0,022	65	30,3
5	6/11/12	18	27	55	Argila Siltosa variegada	51	29	22	2,806	1,59	24,2	ND	ND	ND	ND	ND
6	8/10	10	59	31	Silte argiloso variegado	53	31	22	2,767	1,51	22,8	0,086	0,003	0,021	50	32,4
7	9	10	48	42	Silte argiloso marrom amarelado	50	31	19	2,716	1,58	23,2	ND	ND	ND	ND	ND
8	13/14/15	16	22	62	Argila Siltosa marrom avermelhada	46	30	16	2,929	1,61	24,4	0,226	0,007	0,021	70	26,3

Tabela 7: Resumo das características geotécnicas dos solos superficiais locais (EPT, 2008b).

3.1.3.4.3.2. Análises Químicas

A fim de obter valores de referência da área antes da implantação do empreendimento, foram realizadas análises químicas do solo e das águas superficiais existentes na área, assim como das águas subterrâneas (Operator Meio Ambiente, 2008). As amostras de solo foram coletadas de 0 a 0,8 m de profundidade, a partir das sondagens à trado ST03, ST08, ST09 e ST11. As amostras de águas superficiais foram coletadas de uma nascente localizada ao sul do empreendimento, assim como das águas de montante e jusante do Rio Piracicaba, de locação das sondagens. Com relação às águas subterrâneas, foi projetada a instalação de 9 poços de monitoramento, dos quais 4 já foram construídos, conforme as características apresentadas na Tabela 8 e na Figura 37. Para análise química, foram coletadas as águas dos poços PM01 e PJ01.

Os resultados das análises mostram que tanto as amostras de solo como de águas subterrâneas apresentam concentrações de Al, Fe, Zn e Mn, às vezes em elevadas concentrações, devido às características mineralógicas dos solos lateríticos que ocorrem na área. Alguma quantidade de Ba, B, Co, Cu, Cr, Pb, Ni, NO₃, V aparecem nos solos superficiais, abaixo dos valores de prevenção da CETESB (2001;2005), que serão escavados para implantação do aterro e reaproveitados nas camadas de cobertura das células internas do aterro, sempre acima do sistema de impermeabilização.

Poço	Posição	Profundidade (m)	Nível d'água (m) – Ago/2008
PM M01	Montante (SP09)	12,45	10,50
PM M02	Montante (SP21)	16,00	15,20
PM J01	Jusante (SP20)	6,45	4,06
PM J03	Jusante (SP18)	11,00	8,50

Tabela 8: Características dos poços de monitoramento construídos na área (EPT, 2008a).

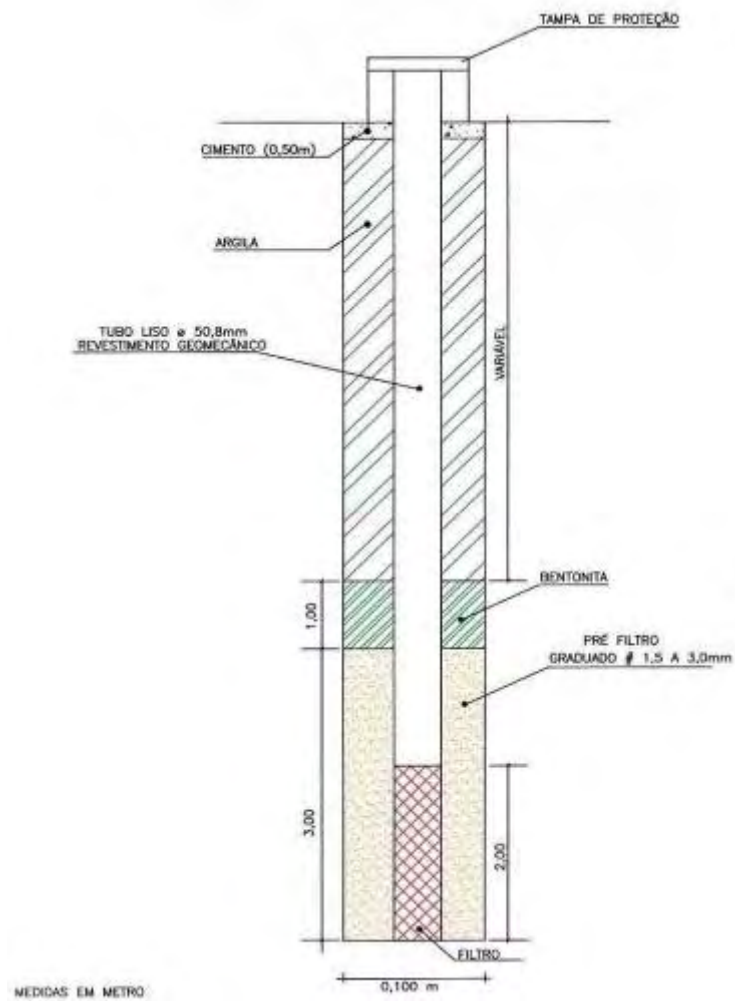


Figura 37: Características geométricas dos poços de monitoramento (EPT, 2008a).

Os resultados obtidos para as águas superficiais mostram que essas águas estão limpas, havendo uma pequena piora na qualidade de parâmetros como DBO, DQO, condutividade elétrica e coliformes totais e fecais conforme se caminha de montante para jusante.

3.1.3.5. *Balanço hídrico*

Admitindo como premissa básica de projeto que não haja infiltração de chorume pela base e pelas paredes laterais do aterro, então é possível realizar o balanço hídrico para o aterro sanitário da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Água entrada} &= \text{Água saída} + \text{Água retida} \\ \downarrow \\ (P + U_w) &= (ES + ETR + R + G + L) + (\Delta U_w) \end{aligned}$$

Onde:

Vazões afluentes:

P - Precipitação;

U_w - Água proveniente da umidade natural dos resíduos sólidos (entre 40% a 60% em média);

Vazões efluentes:

ES - Escoamento Superficial;

ETR – Evapotranspiração Real;

R – Água consumida nas reações químicas;

G - Vapor d'água eliminado com os gases;

L - Água que sai como percolado;

Volume de percolado retido no aterro:

ΔU_w - Água absorvida ou retida pelo lixo.

Ressalta-se que mesmo metodologias mais sofisticadas, como o programa *HELP* da *United States Environmental Protection Agency*, conduzem estimativas de geração de líquidos percolados com grande discrepância em relação aos dados observados a partir de monitoramentos em campo.

Precipitação - P

Os dados de série histórica de precipitação, apresentados a seguir, foram obtidos através do banco de dados do Departamento Nacional de Meteorologia (BRASIL, 1992), para a Estação São Carlos, cuja série histórica é de 29 anos (1961 a 1990). Na tabela 9 é apresentada a serie histórica das médias mensais para precipitação, sendo a média histórica anual de 1.495,1 mm.

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	248,70
Fevereiro	191,40
Março	167,30
Abril	73,20
Maiο	61,60
Junho	40,40
Julho	30,80
Agosto	30,90
Setembro	65,00
Outubro	157,80
Novembro	160,80
Dezembro	267,20
Média Anual	1.495,1

Fonte: Estação São Carlos (BRASIL, 1992).

Tabela 9: Precipitação - Médias mensais e total anual.

Água Proveniente da Umidade Natural dos Resíduos - Uw

Esta parcela foi quantificada como uma porcentagem média da massa dos resíduos, definida como sendo 50% e descrita na Tabela 10.

Área do Aterro Sanitário	Capacidade Instalada
RSU (ton/ano)	182.000
Umidade (%)	50%
Volume de água (m ³)	91.000

Tabela 10: Umidade natural do lixo

Escoamento Superficial - ES

A parcela de escoamento superficial é estimada com base nos coeficientes sugeridos pela CETESB (1979), conforme apresentado na Tabela 11.

Tipo de solo	Declividade %	Coeficiente C'	
		Est. Seca	Est. Úmida
Arenoso	0 a 2	0,17	0,34
	2 a 7	0,34	0,50
Argiloso	0 a 2	0,33	0,43
	2 a 7	0,45	0,55

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 11: Coeficiente de escoamento superficial para cobertura de Aterro Sanitário.

Para o município de Piracicaba, foi considerado solo argiloso e estações secas entre os meses de Abril a Setembro, quando a pluviometria mensal acumulada é inferior a 90 mm/mês. Quando a pluviometria mensal acumulada é inferior 45mm/mês, foi considerado que toda a água precipitada é infiltrada no solo, como no presente caso ocorreu com os meses de Junho, Julho e Agosto.

Evapotranspiração real - ETR

Nos meses em que a Infiltração é maior que a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real é igual à Potencial.

$$ETR = ETP \quad \text{para } I-ETP > 0, \text{ onde } I = P-ES;$$

Nos meses em que a Infiltração (I) é menor que a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real depende da quantidade de água armazenada na cobertura de solo (ΔAS).

$$ETR = ETP + [(I-ETP)-\Delta AS] \quad \text{para } I-ETP < 0.$$

A Evapotranspiração Potencial foi estimada através de método baseado na temperatura do ar, desenvolvido por THORNTHWAITE & MATHER (1955) e adaptado por ROLIM e SENTELHAS (1999).

Os dados de temperatura média do ar foram obtidos através dos dados do Departamento Nacional de Meteorologia (1961 – 1990) (BRASIL, 1992), sendo estes considerados como a média para o Município de Piracicaba.

A equação básica da Evapotranspiração Potencial é apresentada a seguir:

$$ETP = F_c \cdot 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{T}{I}\right)^a$$

Onde:

ETP: Evapotranspiração Potencial para meses de 30 dias e duração de 12 horas (mm/mês);

T: temperatura média do ar (°C);

F_c: Fator de correção em função da latitude e mês do ano.

I: Parâmetro de cálculo;

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5}\right)^{1,514}$$

t_i: Temperatura do mês analisado (°C);

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$$

a: Parâmetro de cálculo;

Já o cálculo da ETR considerando o grau de umidade do solo consiste na determinação dos seguintes parâmetros:

I-ETP: Recarga (com potencial percolação) ou Retirada Potencial de água na camada de cobertura do Aterro Sanitário.

Σ NEG (I-ETP): Perda potencial de água acumulada, que corresponde a soma dos valores negativos de I-ETP.

AS - Armazenamento de água na camada de solo do Aterro Sanitário, obtido em função de Σ NEG (I-ETP);

Δ AS: Variação da quantidade mensal de água armazenada na cobertura de solo;

Na simulação proposta, foi considerada a capacidade de campo em função do tipo de solo, conforme apresentado na Tabela 12..

TIPO DE SOLO	CAPACIDADE DE CAMPO	PONTO DE MURCHAMENTO	ÁGUA DISPONÍVEL
Solo Arenoso	200	50	150
Solo Siltoso	300	100	200
Solo Argiloso	375	125	250

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 12: Capacidade de Campo para alguns tipos de solo.

A determinação da ETR foi feita para valores médios de temperatura e precipitação. A Figura 38, a seguir, apresenta os resultados obtidos a partir desta simulação.

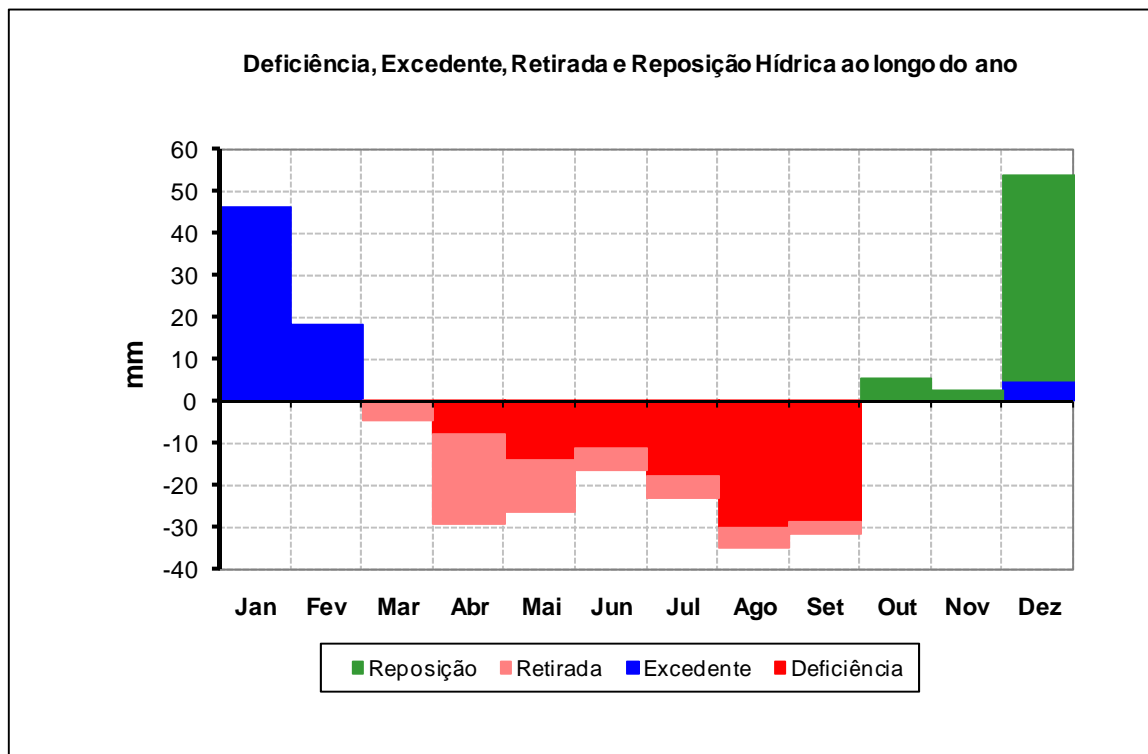
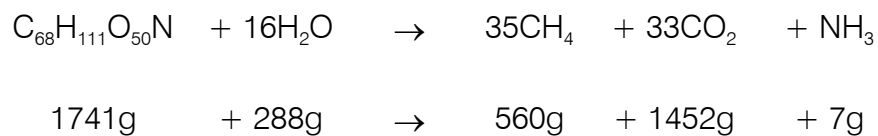


Figura 38: Simulação do Balanço Hídrico para a Região do Aterro Sanitário de Piracicaba.

Consumo nas reações químicas - R

A decomposição da matéria orgânica se processa através do consumo de água. A determinação desta parcela pode se basear na seguinte equação de balanço de massa da decomposição da matéria orgânica facilmente biodegradável, segundo TCHOBANOGLIOUS (1993):



Desta equação é obtido o consumo de água em função da matéria orgânica:

$$\text{Consumo de água} = \frac{1741}{288} = 16,542 \% \text{ da matéria orgânica seca.}$$

A porcentagem de matéria orgânica facilmente biodegradável presente nos resíduos (cerca de 70%) a serem dispostos no aterro foi baseada em estudos de composição gravimétrica realizados pela Prefeitura de São Paulo (IPT/CEMPRE, 2000).

As condições ambientais de temperatura e umidade para decomposição da matéria orgânica neste aterro são consideradas favoráveis, podendo ser utilizado modelo triangular para a taxa de decomposição desta matéria orgânica com pico no segundo ano e decomposição total em cinco anos, conforme apresentado na Figura 39.

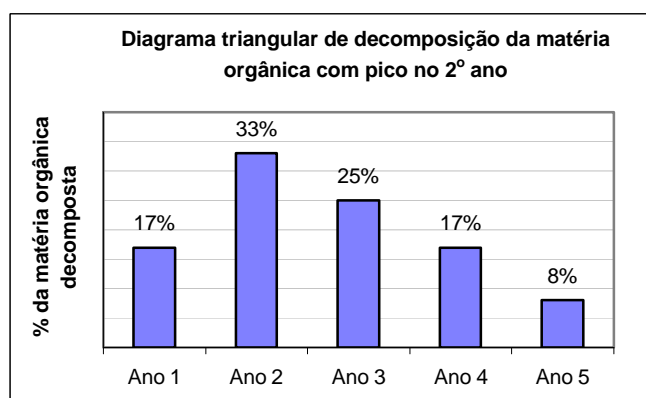


Figura 39: Diagrama triangular da decomposição da parcela de matéria orgânica facilmente biodegradável.

No presente estudo a matéria orgânica corresponde a 60%, sendo que somente 30% desta parcela foi considerada facilmente biodegradável, passível de ser computada através do diagrama de decomposição citado anteriormente. O restante (70%) corresponde à umidade presente na matéria orgânica e matéria orgânica dificilmente biodegradável.

Eliminação de água junto ao biogás - G

O biogás gerado em aterros sanitários normalmente é saturado com vapor d'água. Portanto a quantidade de água perdida na forma de vapor pode ser estimada através da equação de estado do gás ideal, como se segue:

$$pV = nRT$$

Onde:

p: Pressão de vapor em função da temperatura. Foi adotado o seguinte valor:

$$p = 7,5 \text{ KN/m}^2 \text{ a } 40^\circ\text{C}.$$

V: Volume;

n: Número de moles contidos na massa fluida;

R: constante universal dos gases;

$$R = 8,314 \text{ N.m.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

T: Temperatura absoluta em Kelvin. Foi adotado o seguinte valor:

$$T = 313^\circ\text{K (o mesmo que } 40^\circ\text{C)}$$

Através destes dados calcula-se a massa de água em função do volume de gases gerados no Aterro.

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{7,5.1000}{8,314.313} = 2,88209 \text{ mol de H}_2\text{O/m}^3 \text{ de gás}$$

Foram considerados somente os gases CO₂ e CH₄. A parcela referente a NH₃ foi omitida, por ser considerada pequena sobre as demais. Além disso, nem todo o biogás gerado é passível de ser coletado pelo sistema de drenagem.

Água absorvida ou retida pelo maciço de resíduos - ΔU_w

A água retida pelo maciço de resíduos representa o montante de água acumulado no Aterro Sanitário, resistente à ação da gravidade. Parte deste montante está temporariamente retido, acima da capacidade de campo, e deverá ser coletado pelo sistema de drenagem de percolado.

A capacidade de campo para os resíduos varia em função do seu peso específico. Já o peso específico varia em função da altura de sobre-aterro em cada camada de resíduos.

Com base na experiência em monitoramento de aterros sanitários foi estabelecido um indicador de teor de umidade para representar a quantidade retida pelo maciço de resíduos.

Água que sai como percolado - L

Através do cálculo das parcelas citadas anteriormente foi possível fazer uma previsão da vazão de percolado para esta fase de prosseguimento do aterro, levando-se em consideração a demanda de resíduos a serem depositados e o balanço hídrico da região, resultando numa vazão média prevista de percolado da ordem de 1,85 L/s, com máxima de **2,585 L/s**, conforme apresentado na Tabela 13. Para efeito de dimensionamento do sistema de drenagem de percolados, será considerada uma vazão de **2,60 L/s**.

Descrição	Sigla	un.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Informações auxiliares																												
Área do Aterro Sanitário	A	m ²	49.660	49.660	49.660	49.660	99.320	99.320	99.320	99.320	148.980	148.980	148.980	148.980	198.960	198.960	198.960	198.960	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300	248.300
Coefficiente de Escoamento Superficial médio	C'		0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335
Massa de resíduos aterrados																												
Resíduos Classe II	RSU	ton	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	182.000	-	-	-	-	-
Vazões afluentes																												
Precipitação	P	mm	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495	1.495
	P	m ³	74.247	74.247	74.247	74.247	148.493	148.493	148.493	148.493	222.740	222.740	222.740	222.740	297.465	297.465	297.465	297.465	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233	371.233
Umidade natural dos resíduos	U _w	%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%
	U _w	m ³	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	-	-	-	-
Vazões efluentes																												
Escoamento Superficial Direto	ES	m ³	24.873	24.873	24.873	24.873	49.745	49.745	49.745	49.745	74.618	74.618	74.618	74.618	99.651	99.651	99.651	99.651	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363	124.363
Evapotranspiração Real	ETR	m ³	37.826	37.826	37.826	37.826	75.652	75.652	75.652	75.652	113.478	113.478	113.478	113.478	151.548	151.548	151.548	151.548	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130	189.130
Consumo nas Reações Químicas	R	m ³	1.228	3.613	5.419	6.648	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	7.226	5.997	3.613	1.806	578
Eliminação junto ao biogás	G	m ³	237	697	1.045	1.282	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394	1.157	697	348	111
Vazão média prevista de percolado	L	m ³	17.101	24.346	29.836	33.568	46.873	46.873	46.873	46.873	58.421	58.421	58.421	58.421	70.043	70.043	70.043	70.043	81.517	81.517	81.517	81.517	81.517	81.517	75.964	67.164	64.549	58.487
	L	L/s	0,542	0,772	0,946	1,064	1,486	1,486	1,486	1,486	1,853	1,853	1,853	1,853	2,221	2,221	2,221	2,221	2,585	2,585	2,585	2,585	2,585	2,585	2,409	2,130	2,047	1,855
Volume de percolado retido																												
Volume de percolado retido anual	ΔU _w	m ³	83.982	73.892	66.248	61.050	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	58.604	(25.376)	(13.733)	(6.963)	(1.436)
Volume de percolado acumulado	ΔU _w	m ³	83.982	157.874	224.122	285.172	343.776	402.380	460.984	519.588	578.192	636.796	695.400	754.004	812.608	871.212	929.816	988.420	1.047.024	1.105.628	1.164.232	1.222.836	1.281.440	1.340.044	1.398.648	1.457.252	1.515.856	1.574.460
Teor de umidade médio			0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabela 13: Balanço hídrico realizado para o Aterro Sanitário de Piracicaba-SP.

3.1.3.5.1. Monitoramento Ambiental

3.1.3.5.1.1. Águas Subterrâneas

O monitoramento das águas subterrâneas deve ser realizado através de poços instalados no entorno do aterro, e tem como objetivo acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea. As amostragens são realizadas trimestralmente no conjunto de poços distribuídos no entorno da área de disposição dos resíduos, de modo a oferecer subsídios para diagnósticos da situação do lençol freático.

Levando-se em consideração os resultados das análises das águas dos poços de monitoramento pode-se verificar a existência, ou não, de indícios de contaminação das águas subterrâneas devido ao maciço.

3.1.3.5.1.2. Águas Superficiais

O monitoramento das águas superficiais visa analisar amostras de água coletadas a montante e a jusante do corpo de água, de modo a averiguar as eventuais alterações da qualidade do corpo de água, considerando o seu enquadramento em relação ao que determina a Resolução CONAMA 396 de 2008, devido ao lançamento das águas captadas da área do maciço nos corpos de água receptores no entorno do Aterro.

Tais alterações podem se dar devido à percolação de efluentes ou contribuição do lençol subterrâneo, caso este se apresente contaminado, ou pelo escoamento de águas superficiais que passam (lavam) sobre o maciço e sofreriam contaminação.

Essas análises devem comprovar que as águas superficiais coletadas atendem aos limites de lançamento e são compatíveis com o enquadramento do corpo de água em que ocorre o lançamento.

3.1.3.6. Recursos Hídricos

3.1.3.6.1. Metodologia

Os estudos deste tema, dos mais importantes tendo em vista o empreendimento proposto e a região em que se insere, foram feitos segundo a subdivisão em Recursos Hídricos Superficiais e Recursos Hídricos Subterrâneos com diferentes fontes de pesquisa e metodologias, conforme explicitado a seguir:

3.1.3.6.2. Recursos Hídricos Superficiais

As informações de caráter regional dos recursos hídricos superficiais foram obtidas em dados pré-existentes, obtidos principalmente dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores publicados pela CETESB em 2005 e 2008. Estes estudos englobam a análise das vazões da bacia do Rio Piracicaba, a qualidade das suas águas superficiais e a qualidade dos sedimentos presentes nestas águas. Dados importantes foram obtidos no Projeto Piracena, da escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, pertencente à Universidade de São Paulo – USP.

Também foram analisados os dados referentes à coleta de amostras de água do Rio Piracicaba, à montante e jusante da área proposta para o empreendimento, de forma a se obter a informação sobre a qualidade atual destas águas no âmbito local e um cenário atual a ser comparado com os cenários previstos após a implantação do empreendimento, bem como foram elaborados cálculos de balanço e disponibilidade hídrica no rio, sendo que as vazões que serviram de base para tal foram obtidas no DAEE (Departamento de Águas e energia Elétrica do Estado de São Paulo) e os dados obtidos foram subdivididos nos seguintes itens:

- Qualidade das águas superficiais
- Disponibilidade e balanço hídrico no rio Piracicaba
- Cálculo da disponibilidade hídrica superficial

3.1.3.6.3. Recursos Hídricos Subterrâneos

As informações locais sobre os sistemas aquíferos presentes na ADA foram obtidas através da verificação das informações presentes no cadastro do SIAGAS (Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas) do DNPM, pesquisados no site www.silagis.cprm.gov.br, além dos dados das sondagens efetuadas através de métodos diretos e indiretos (campanhas geofísicas)

3.1.3.6.4. Resultados Obtidos

3.1.3.6.4.1. Recursos Hídricos Superficiais - ADA

A área de interesse, localizada dentro do Município de Piracicaba, está inserida na Bacia do Rio Piracicaba, parte da UGRHI5, denominado PCF (Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá).

O Município de Piracicaba tem cerca de 72% de sua área pertencente à bacia do rio Piracicaba, sendo que o restante drena diretamente para o rio Tietê (Saad, 2005).

A maioria das cidades situadas nesta Bacia Hidrográfica utiliza as águas superficiais dos Rios Piracicaba e afluentes para abastecimento da população. As atividades industriais e de agricultura também são responsáveis por um alto consumo de água. Mesmo cidades fora desta bacia são abastecidas parcialmente com as águas desta região através da transposição de suas águas.

A emissão de efluentes industriais e domésticos, muitas vezes não tratados, bem como o uso intensivo das águas, são responsáveis por um balanço hidrológico por vezes negativo e pela carga de contaminantes. Estes fatores influenciam diretamente a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, tornando-se assim um dos principais problemas desta região.

Na região de Piracicaba foi encontrada por Hetzmann Jr. (1999) uma leve anisotropia entre as transmissividades verticais e horizontais dos aquíferos, originada pelo acamamento sedimentar e pelos solos originados a partir destas rochas. Estes estudos deste pesquisador indicaram ainda um forte rebaixamento dos aquíferos da região de Piracicaba durante o período de secas, com uma variação de até 5 metros entre o período de estiagem e a época chuvosa.

O aquífero dimensionado em um único corpo, além da homogeneidade de permeabilidade do ambiente geológico do local deste estudo, permitiu classificar o aquífero como livre.

A profundidade da pluma de transporte de poluentes no aquífero é dependente das distâncias do corpo dos resíduos à drenagem jusante (x) e ao divisor de águas subterrâneas ($L-x$) (Hoeks, 1976). Um grande valor na razão entre " x " e " L " determina a migração dos poluentes a maiores profundidades, havendo um maior tempo de permanência no solo até surgirem na drenagem. Um curto tempo de permanência e um caminho mais superficial dos poluentes no aquífero encontram-se na situação inversa, com valores baixos para a razão entre " x " e " L " (Figura 40). Plumões de poluentes com densidades particularmente altas podem comportar-se de maneira diferente e não consideradas aqui.

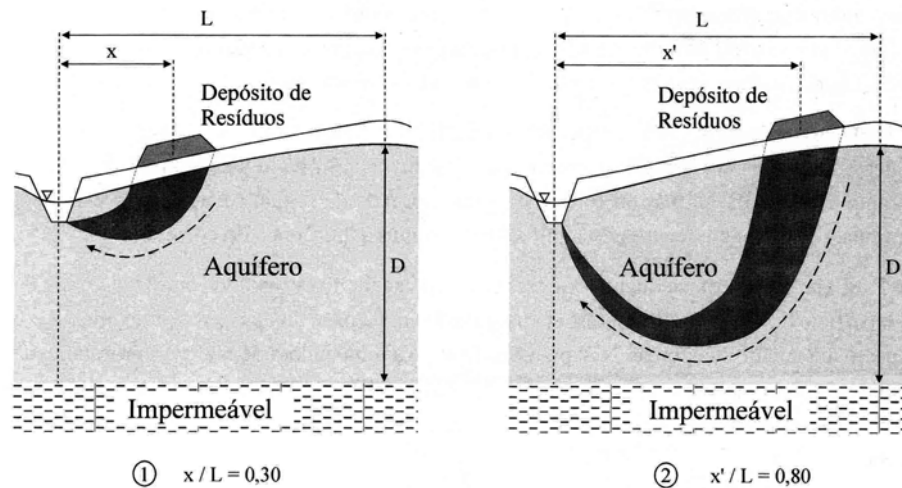


Figura 40: Influência das condições hidrogeológicas sobre o transporte de poluentes a partir de fontes poluidoras nas proximidades de drenagens naturais (Hoecks, 1976).

Segundo dados obtidos junto à CETEC (1999), o rio Piracicaba apresenta a situação mais crítica na UGRHI5. Recebe grande volume de efluentes, tanto domésticos como industriais. Desta forma seus índices, altos para DBO, como foi comprovado pelas análises efetuadas para este trabalho e baixo para o OD superam os padrões fixados para rios de Classe 2, segundo o Decreto 8 468/76 de 08/09/1976 e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/05.

3.1.3.6.4.2. Recursos Hídricos Subterrâneos - ADA

Os levantamentos efetuados através do mapeamento geológico, sondagens e ensaios (SPT e de infiltração), assim como os levantamentos bibliográficos permitem mapear a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento como pertencente ao Aquífero Tubarão (Figura 41), eventualmente com alguma interferência do Aquífero Passa Dois. Nas porções superiores, ocorrem pequenas porções do Sistema Diabásio, com o freático permeando por solo remobilizado destas rochas.

O aquífero Tubarão é constituído por depósitos glaciais com retrabalhamentos fluviolacustres, onde predominam os sedimentos formando horizontes que se interdigitam lateralmente. Isto confere ao aquífero uma descontinuidade litológica vertical e horizontal das camadas sedimentares e uma má condição como aquífero

que se agrava na medida em que os sedimentos se encontram com elevado grau de cimentação quando é atravessado por intrusões de diabásio.

Tais características conferem ao Tubarão uma baixa permeabilidade, comprometida pela matriz lamítica sempre presente nos arenitos, e resultam na sua potencialidade limitada como aquífero.

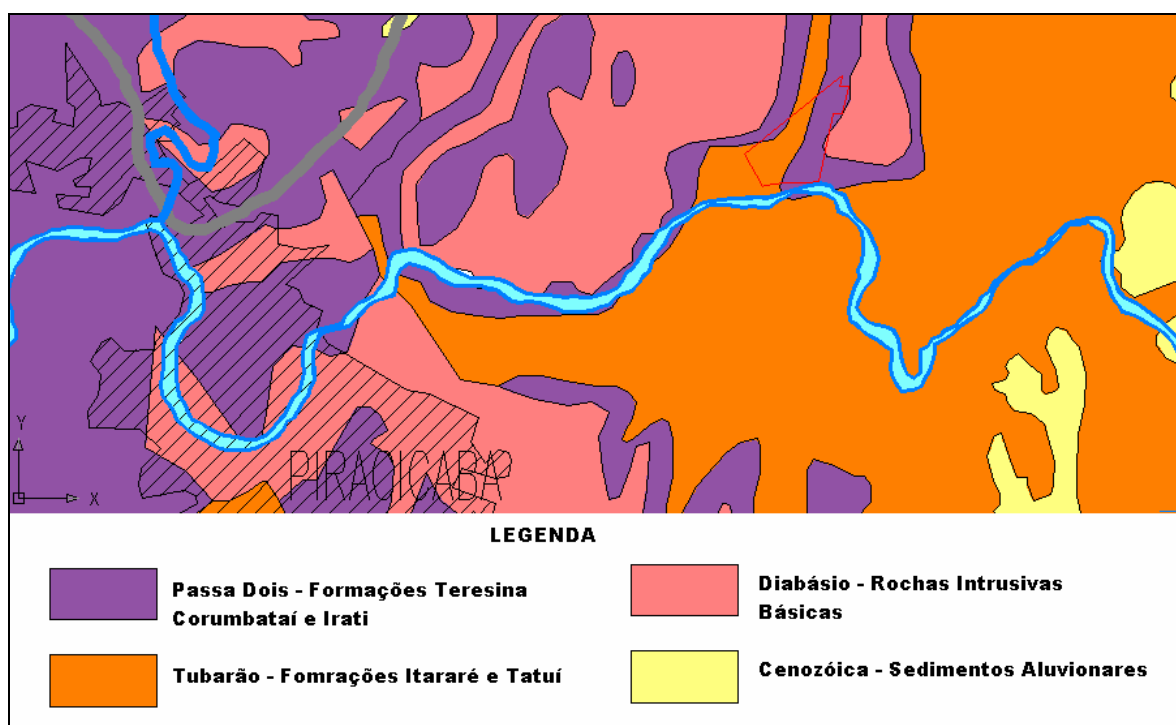


Figura 41: Localização da área sobre mapa de Aquíferos presentes na região do empreendimento. Fonte Agencia de Água PCJ modificado.

De acordo com as sondagens efetuadas, o material encontrado é essencialmente argiloso, com alguma ocorrência de porções arenosas, concordante com a descrição de campo de geologia e com a bibliografia encontrada.

De forma a melhor caracterizar a área, foram efetuados seis ensaios de infiltração em infiltração, em três pontos de sondagens realizadas. A localização dos ensaios pode ser vista no mapa de localização apresentado nos anexos e discutido na Geologia.

Os resultados destes ensaios mostram a baixa permeabilidade esperada para as rochas encontradas e que conferem uma segurança adicional ao empreendimento proposto. A Tabela 14 mostra os resultados obtidos nos ensaios:

Ponto	Profundidade ensaiada(m)	K (cm/s)
SPT-04	0 a 1,5	8,26E-05
	14 a 15	2,88E-5
SPT-10	0 a 1,5	2,87E-05
	14 a 15	9,9E-06
SPT-12	0 a 1,5	2,15E-04
	11 a 12	3,45E-06
Média		6,14E-05

Tabela 14: Resultado dos ensaios de infiltração.

Com este resultado pode-se afirmar que mesmo considerando as técnicas modernas de impermeabilização, uma simples compactação do solo nas áreas de disposição dos resíduos seria suficiente para diminuir consideravelmente a permeabilidade do solo na área e oferecendo proteção adicional às porções subjacentes e as águas subterrâneas.

A partir das sondagens efetuadas, conforme mapa de locação (Figura 42) e apresentada no anexo II possível obterem-se perfis em forma de seções mostrando as litologias existentes no subsolo da área bem como a profundidade do aquífero freático. Uma visualização em escala e definição adequada da localização das sondagens e dos perfis pode ser visto nos Anexos (locação sondagens final e Perfis de Sondagem)

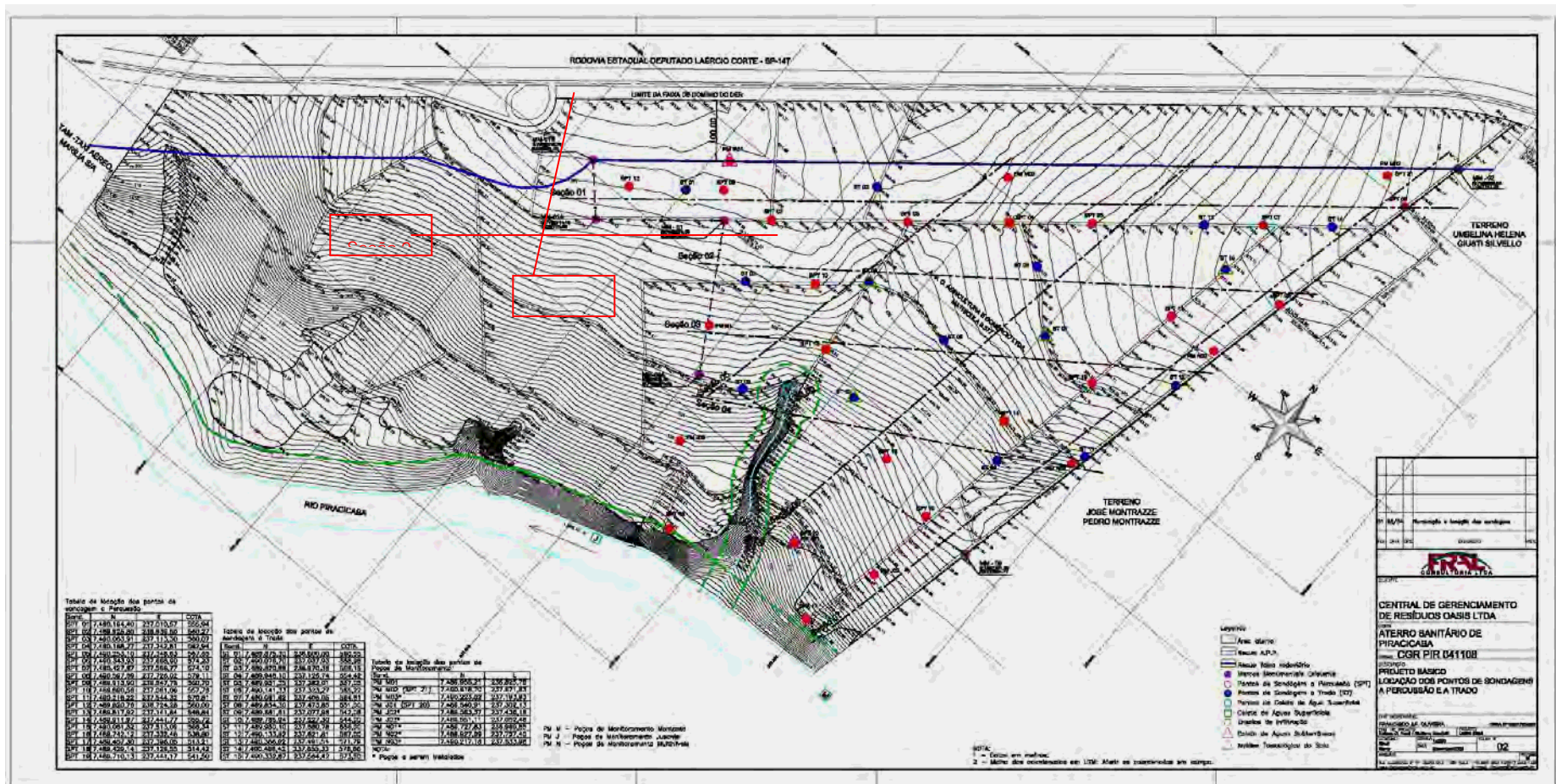


Figura 42: Mapa de locação das sondagens efetuadas, com as seções traçadas.

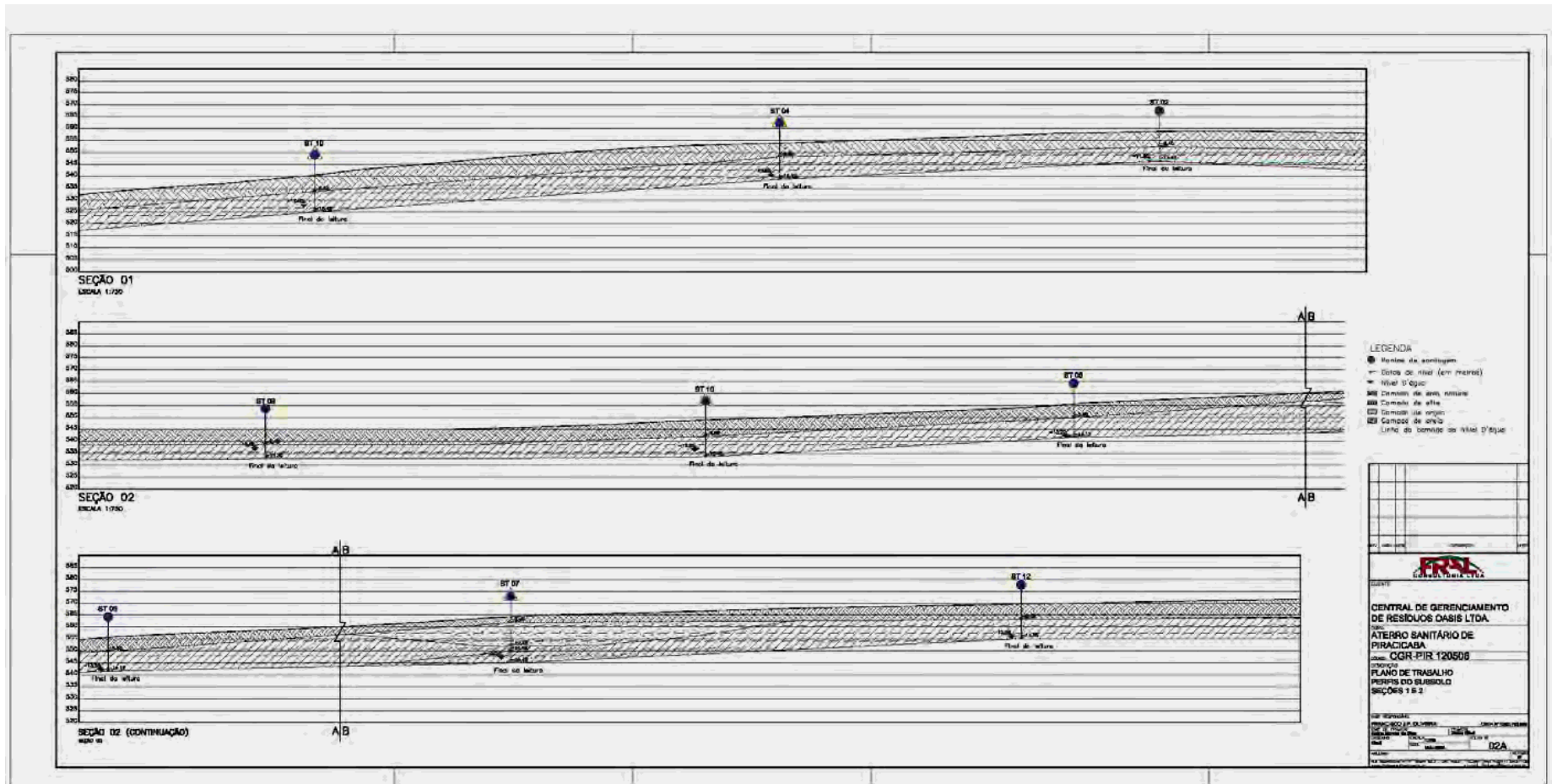


Figura 43: Seções traçadas a partir dos perfis das sondagens descritas

O resultado obtido nas seções mostra uma situação claramente favorável ao empreendimento, com o aquífero freático situado homogeneamente a mais de doze (12) metros de profundidade em todo o perfil da seção 1, por exemplo. Considerando-se um resultado médio dos ensaios de permeabilidade obtido de cerca de $6,14E-05$ cm/s, tem-se que a migração de qualquer líquido desde a superfície até atingir ao freático demandaria um tempo mínimo de $1,94E+07$ segundos ou aproximadamente 226 dias na região atravessada por este perfil.

Em outros pontos, por exemplo, no ponto ST-07 da seção 2, ocorrem porções ou níveis mais arenosos ou com estruturas geológicas que podem diminuir este tempo de infiltração, em decorrência da mudança da permeabilidade local ou da existência de caminhos preferenciais. Entretanto o tempo de percolação atingido nestas condições pode e certamente será ampliado com a tomada de medidas de mitigação e controle, tais como camadas de mantas de tecido geotêxtil e outras, como se verá no capítulo específico.

De qualquer maneira, também nos pontos descritos na seção 2 a profundidade mínima do freático é de mais de 12 metros, chegando a mais de 14 metros no ponto ST-12 e mais de 16 metros no ponto ST-07.

Como resultado da integração de todos os dados geológicos obtidos das sondagens efetuadas e das campanhas geofísicas, por possível traçar um mapa potenciométrico local (Figura 44), com as direções de fluxo subterrâneo concordantes com a topografia de superfície. Este mapa pode ser melhor visualizado no Anexo II, em escala adequada.

Neste mapa também se obteve a delimitação de uma zona (em verde na figura 45) dentro da ADA onde, apesar das indicações de profundidade maior obtidas pelas sondagens diretas, optou-se por uma política mais conservadora e protecionista ao ambiente, estipulando-se a profundidade do aquífero como tendo em média entre 7,5 e 10 metros de profundidade.

A conformação desta região em verde obtida da interpolação dos dados e demarcada no mapa mostra também uma continuidade da estrutura que forma a nascente existente à jusante do empreendimento e que deve ser preservada. Além da própria topografia da superfície do terreno, este dado indica a região ou local do empreendimento mais suscetível e que deve ser monitorado com maior cuidado. Isto não significa que esta área tenha qualquer impedimento ao uso proposto, uma vez que mesmo nesta região a permeabilidade final é baixa e pode ser ainda melhorada com a adição de drenos horizontais e camadas mantas de proteção.

Apenas como media de controle, é necessária que sua locação seja levada em consideração na instalação de poços de monitoramento, como forma de garantir a qualidade das águas subterrâneas, como se verá adiante.

3.1.3.6.4.2.1. Qualidade das Águas Subterrâneas

De acordo com a legislação incidente, em especial com a norma CETESB intitulada Decisão de Diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005, que dispõe sobre os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, as águas subterrâneas dos empreendimentos devem ter seus parâmetros analisados e seu enquadramento indica eventualmente ações a serem tomadas na preservação dos atributos deste bem.

Assim são estipulados Valores de Referência de Qualidade (VRQ), Valores de Prevenção (VP) e Valores de Intervenção (VI) que é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.

De forma a poder haver um termo de comparação futuro, foram efetuadas análises destes parâmetros em solo e água subterrânea (Anexos) em diversos pontos da área nos quais foram instalados poços de monitoramento, executados ensaios de SPT ou sondagens a trado para descrição do perfil. Os resultados mostram diversos locais onde existem elementos com concentrações que atualmente já ultrapassam os limites de Referência e de Intervenção, quer por condições naturais deste material, quer por resultado de atividades antrópicas anteriores às coletas realizadas. A tabela 15 mostra estes resultados.

Ponto	Profundidade coleta	Parâmetros	Material analisado	Comparação CETESB 2005
PM-01	NA	Al, Fe, Ni	Água	Acima VOR
PM-20	NA	Todos	Água	Satisfazem VOR
ST-09	0 a 0,4	Ba, Pb, Zn	Solo	Ultrapassam VRQ
ST-09	0,4 a 0,8	todos	Solo	Satisfazem VRQ
ST-03	0 a 0,4	Ba, Cu, Cr, Ni	Solo	Ultrapassam VRQ
ST-03	0,4 a 0,8	Ba, Cu, Cr, Ni	Solo	Ultrapassam VRQ
ST-08	0 a 0,4	Ba, Pb, Co, Cu	Solo	Ultrapassam VP
ST-08	0,4 a 0,8	Ba, Pb, Cu	Solo	Ultrapassam VRQ
ST-11	0 a 0,4	Ba, Cu	Solo	Ultrapassam VRQ
ST-11	0,4 a 0,8	Ba	Solo	Ultrapassam VRQ

Tabela 15: Resultados das análises de solo e água subterrânea em comparação com VOR – Valores Orientadores CETESB 2005.

Nota-se uma clara anomalia de Bário em quase todos os pontos e profundidades amostrados para solo e um resultado importante em três pontos, com anomalias de chumbo. Desconhece-se para a área qualquer atividade pretérita que pudesse ter ocasionado estas anomalias sendo, portanto, interpretadas como de causas naturais devido à própria geologia.

3.1.4. Meio biótico

3.1.4.1. Vegetação e Flora Terrestre

3.1.4.1.1. Situação atual da área diretamente afetada

Em análise a imagens de satélite existentes para a região em estudo, verificou-se que a área a sofrer intervenção, não apresenta vegetação natural, encontrando-se totalmente ocupada pelo cultivo de cana-de-açúcar. Esta situação foi confirmada através da realização de levantamentos de campo da área em estudo.

A seguir, apresentamos as imagens utilizadas para avaliação das condições ambientais do empreendimento e, relatório fotográfico demonstrando os aspectos ambientais encontrados.

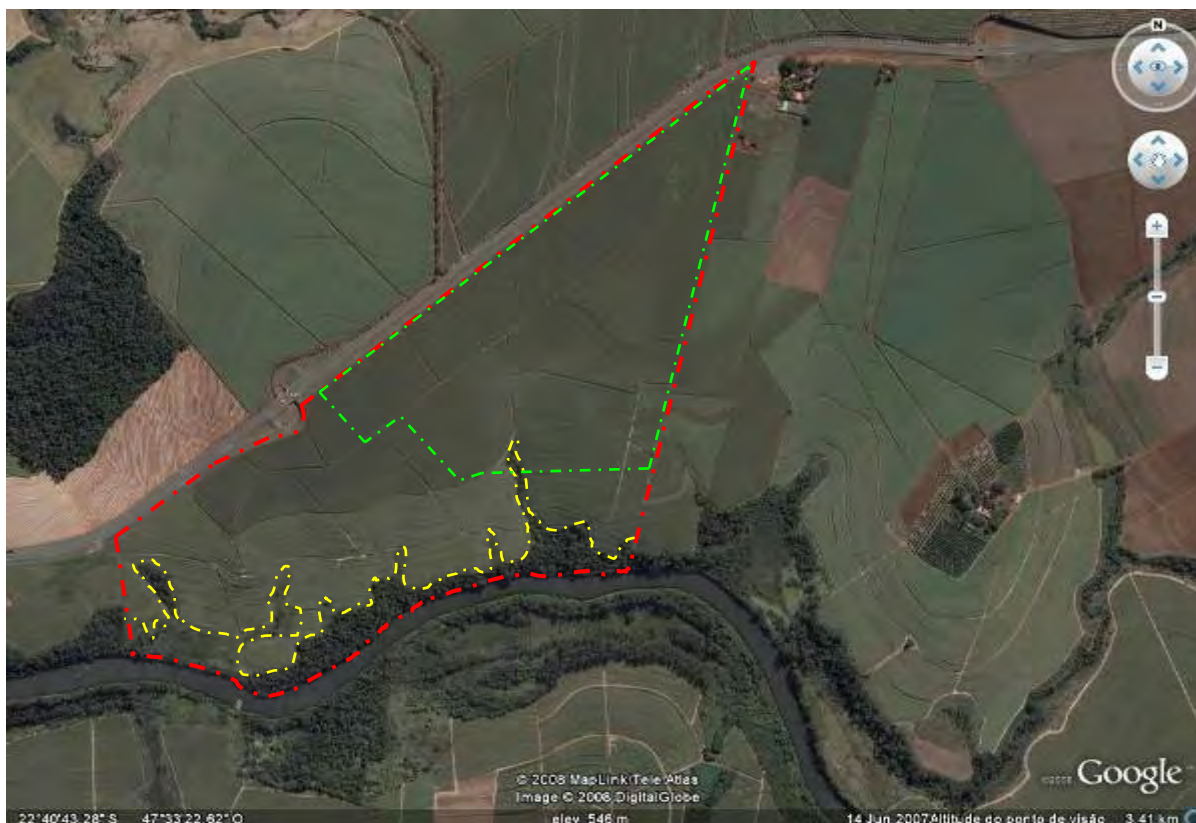


Figura 45: Imagem aérea apresentando a região em estudo

Legenda: — limites da propriedade
 — limites da área recoberta por vegetação
 — limites da área do empreendimento - área diretamente afetada (ADA)



Figura 46: ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

3.1.4.2. Fauna Terrestre

3.1.4.2.1. Considerações Gerais

A partir de meados do século passado, a expansão das culturas de cana-de-açúcar e café no Estado de São Paulo e a colonização de seu interior levaram a um grande aumento no ritmo do desmatamento, fazendo com que as paisagens e as fisionomias naturais, como o cerrado e a floresta estacional semidecidual, existentes na região, sofressem modificações, reduções e fragmentações de forma drástica

Este fato acarretou a descaracterização da fauna, diminuição de suas populações e extinções locais. Alguns grupos resistem nos escassos fragmentos existentes, na maioria das vezes isolados por plantações e rodovias.

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados primários acerca da fauna ocorrente na área do projeto do CGR Oásis, localizado no município de Piracicaba, com ênfase no grupo das aves, pelo fato de serem indicadores mais sensíveis da qualidade da biota local.

O local onde há a previsão de instalação do CGR Oásis é atualmente ocupado em sua totalidade por monocultura de cana-de-açúcar (Foto 2 e 3).



Foto 2 - Vista da Área Diretamente Afetada (ADA).



Foto 3 - Vista da ADA, composta por monocultura de cana-de-açúcar, à esquerda e ao fundo, após a vegetação que circunda uma das nascentes

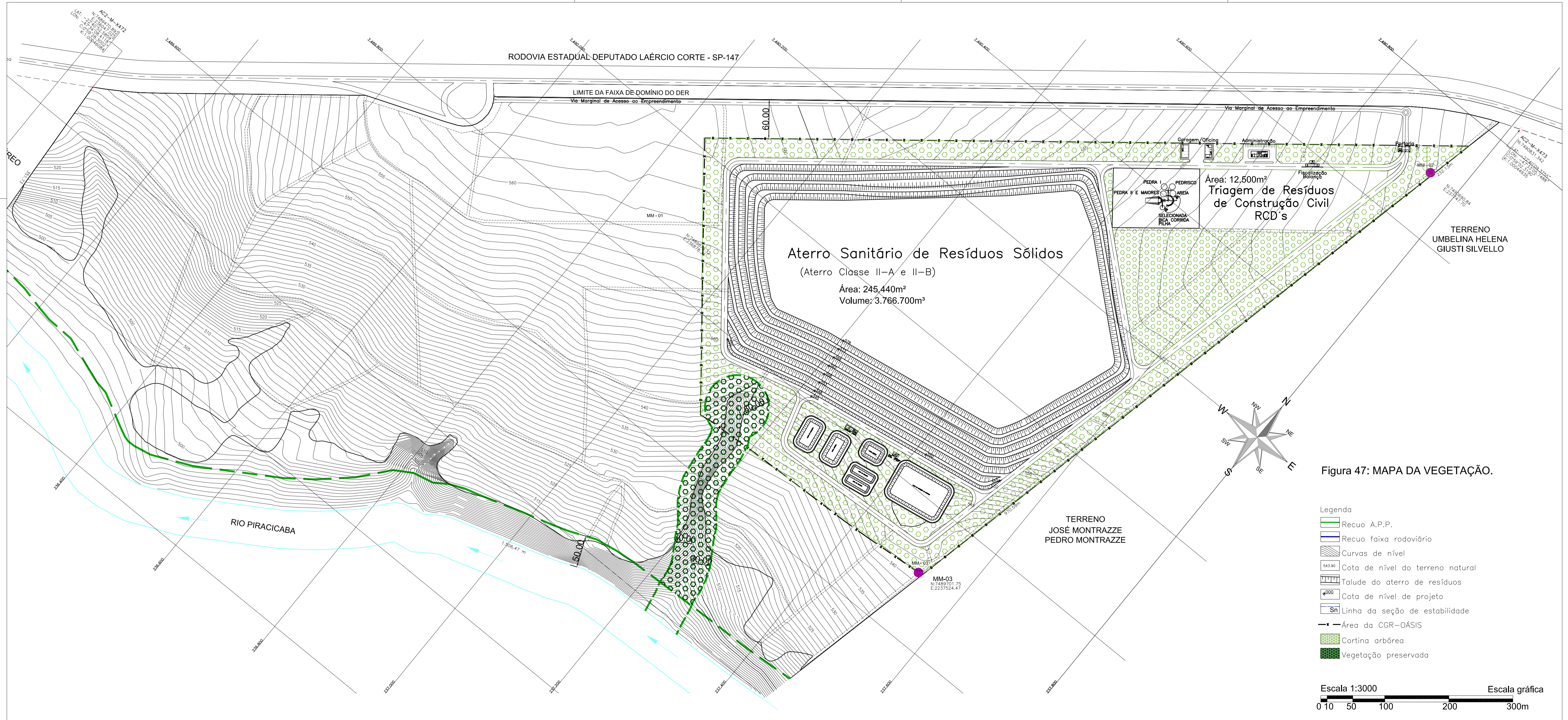


Figura 47: MAPA DA VEGETAÇÃO.

3.1.4.2.1.1. *Discussão dos Impactos*

A Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, sendo composta unicamente pela cultura de cana-de-açúcar, não constitui uma ameaça direta à biota local, já que não haverá remoção de vegetação nativa e a área encontra-se extremamente alterada. No entanto, em relação à AID e All, alguns pontos devem ser levados em conta:

O local de previsão de instalação do empreendimento localiza-se próximo da estrada e observou-se um grande número de indivíduos do urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*). A presença de um sítio com disposição de resíduos atrai esta espécie em grande quantidade, sendo necessário à utilização de medidas que impeçam a aglomeração deste animal ao longo de uma rodovia, a fim de evitar acidentes.

O índice de atropelamento de animais silvestres pode aumentar na região (e.g. mamíferos), já que indivíduos situados do outro lado da estrada poderão ser atraídos ao CGR Oásis. Como medidas compensatórias serão projetadas e implantadas passagens de fauna que possibilitem o acesso dos animais provenientes dos fragmentos florestais situados do lado oposto ao empreendimento (All), à mata ciliar do rio Piracicaba, evitando ou diminuindo acidentes e a morte de animais silvestres por atropelamento.

Plano de recomposição e monitoramento florestal será implantado para a recuperação das áreas de entorno do empreendimento.

Realização de um Programa de Monitoramento de fauna durante os processos de licenciamento e operação do empreendimento.

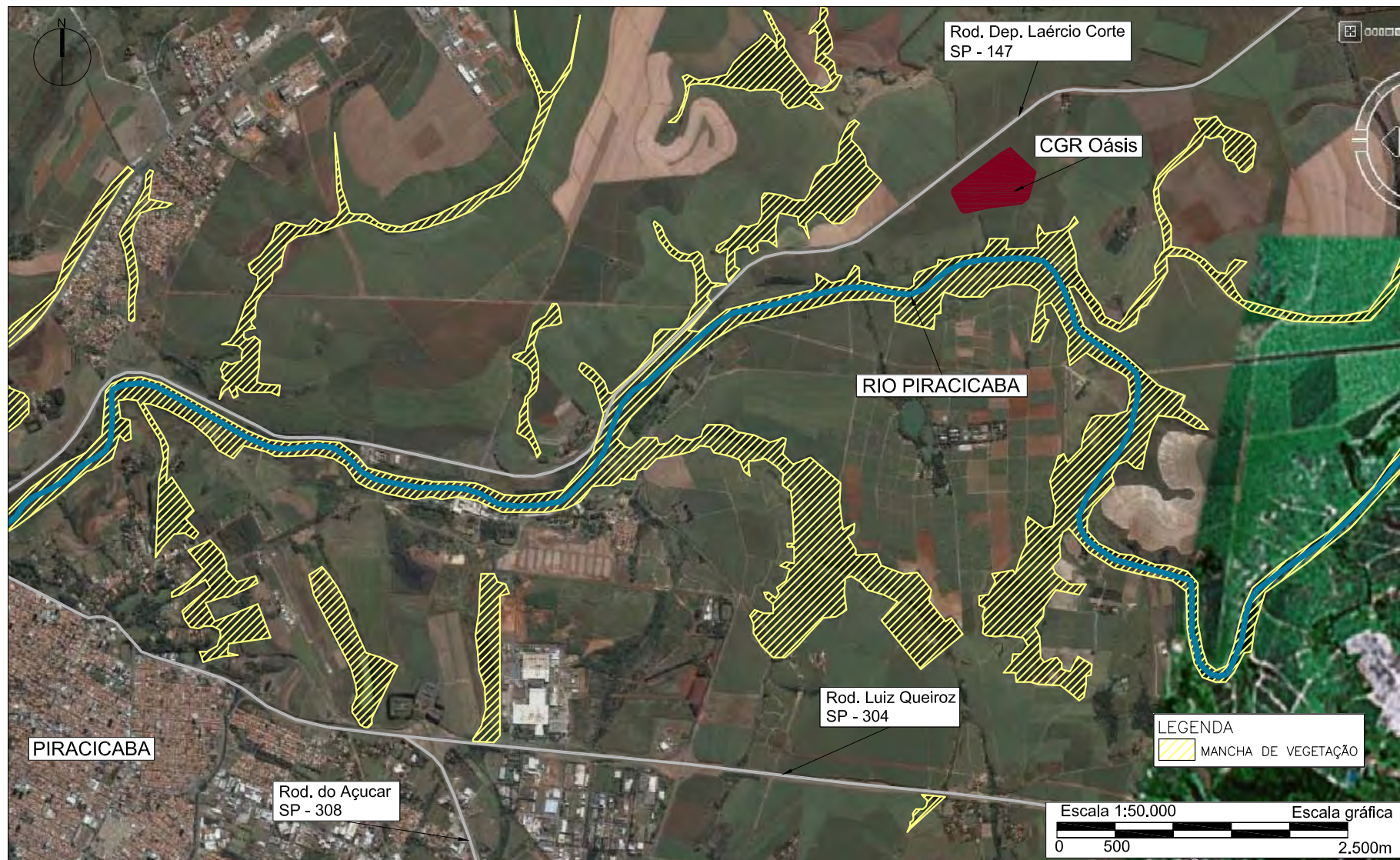


Figura 48: MANCHA DE VEGETAÇÃO NA ADA E AID.

4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID

A caracterização dos aspectos ambientais foi realizada com base em levantamento de campo, entrevista com a população e, também, em dados secundários existentes.

4.1.1. Meio físico

Nesse item será apresentada a metodologia empregada para o levantamento de dados de cada uma das variáveis ambientais. Para as variáveis do meio físico foram quantificadas e qualificadas as condições existentes. Os aspectos principais desenvolvidos são:

✓ Geologia

Nesse tópico, são descritos os principais tipos litológicos presentes na área, possibilitando um melhor entendimento sobre os resultados das águas subterrâneas e subsidiando o projeto no tocante às condições de suporte e eventuais vulnerabilidades para o recebimento dos resíduos, através de levantamentos de campo, considerando também as informações da campanha de sondagens a percussão e investigações complementares.

A geologia se ocupou de entender o grau de fraturamento do maciço rochoso, contribuindo para a compreensão do modelo de circulação da água subterrânea.

Os resultados são apresentados em cartas geológicas em escala adequada.

✓ Geomorfologia

A abordagem dessa variável é descrita em dois níveis de detalhes, sendo um com enfoque regional e outro local. Para tanto foram realizados levantamentos bibliográficos para obtenção de dados, bem como levantamento de campo. Diagnóstico na AID, embasado em dados obtidos em bibliografia e de levantamentos de campo.

✓ **Geotecnia**

Com base em mapeamento de superfície e sondagens de sub-superfície, pôde-se estimar os materiais presentes para serem utilizados como material de empréstimo para o recobrimento das células de resíduos e a capacidade de suporte do maciço de solo. As sondagens permitirão também determinar as futuras cotas de escavação do material de empréstimo, permitindo-se quantificar os volumes disponíveis, possibilitando o planejamento, se necessário, de futura importação de material.

✓ **Pedologia**

A descrição dessa variável foi realizada com base no levantamento de dados “in loco” e fundamentada em dados bibliográficos. Sendo apresentados os respectivos perfis. Outra vertente que deverá ser explorada diz respeito à necessidade, ou não, de importação de solo para a operação do empreendimento.

✓ **Qualidade das águas superficiais**

O diagnóstico das águas superficiais é fundamentado na identificação e classificação dos corpos d'água com base em legislação existente, disponibilidade hídrica e atuais usos. Para a identificação da qualidade das águas da área de influência foram realizadas amostragens nos corpos d'água, a montante e a jusante da área destinada ao empreendimento. Os resultados das amostragens serão utilizados como valor de referência para futuro monitoramento do empreendimento.

✓ **Hidrogeologia**

Com os dados de nível d'água pôde-se elaborar o mapa potenciométrico da área, que indica o sentido dos fluxos d'água subterrânea e os gradientes presentes, possibilitando entender o futuro comportamento ou deslocamento de eventuais plumas de contaminação, considerando dados obtidos de investigações de campo, representadas por sondagens, medições de nível d'água e ensaios de infiltração.

✓ **Bacia Hidrográfica**

Para a caracterização dos recursos hídricos da região, em todos os níveis de influência, foi feita a identificação da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e a inserção do empreendimento no seu contexto. Levantamento sobre entidades e comitês de gerenciamento da bacia em estudo, de forma a identificar todas as restrições e orientações para o uso dos recursos hídricos. E, verificada a necessidade de obtenção de outorgas nos órgãos ambientais.

✓ **Qualidade das águas subterrâneas**

Com relação ao diagnóstico das águas subterrâneas, inicialmente foi feita a caracterização das unidades aquíferas ocorrentes na área de influência direta, com estudo hidrogeológico e, na sequência, verificada a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas. Identificados os usos atuais das águas subterrâneas na área de influência. Será apresentado mapa potenciométrico e campanha de sondagens na área de intervenção. Os resultados da caracterização, obtidos nas amostragens, serão utilizados como valor de referência para futuro monitoramento do empreendimento. São consideradas as informações advindas de análise laboratorial sobre amostras coletadas em poços implantados para o estudo em questão.

✓ **Caracterização Climática**

A caracterização climática e meteorológica da região foi realizada por meio do levantamento de dados em órgãos oficiais e em estações situadas na região de influência do empreendimento, contemplando índices de temperaturas (máximas, médias e mínimas); índice pluviométrico; evapotranspiração; direção predominante, velocidade e frequência dos ventos; entre outros. Essas informações são representadas graficamente, servindo como base de dados para elaboração de estudo de dispersão atmosférica, bem como para subsidiar cálculos de dimensionamento de projeto.

Para a caracterização dos aspectos climáticos, no âmbito regional, é importante a abordagem da dinâmica climática da região e a avaliação da qualidade do ar,

comparando-a com os padrões legais existentes, com o levantamento das principais fontes de emissões atmosféricas na região.

São levantadas as características de ventos, pluviometria incidente, temperatura e umidade da região e incidente na AID, utilizando-se dados contidos no Relatório de Qualidade de Ar da CETESB, estações e postos pluviométricos da região.

✓ **Ruído e vibração**

Em continuidade ao diagnóstico das condições climatológicas foi realizado um estudo para a caracterização atual da área proposta para o empreendimento no que diz respeito aos ruídos e vibrações. Com base na situação atual desses parâmetros no local, deverá ser desenvolvida uma modelagem matemática para avaliar os possíveis impactos da operação do empreendimento sobre os eventuais receptores na região de influência.

Há ainda a representação gráfica em cartas constando a localização do empreendimento em relação a sua área de influência. Para a caracterização desse item, foram consideradas as legislações e normas vigentes.

a) Medição de ruído e vibração representativos da área de influência direta do empreendimento.

- Em cada ponto selecionado (com auxílio de mapas e vistoria ao local), foram feitas medições de nível sonoro, com a determinação de nível equivalente contínuo (Leq), e ruído de fundo (L90). Cada medição será acompanhada de fotografias do ponto exato e de laudo assinado contendo o resultado da medida, hora, dia e registro gráfico (com intervalos de 1 segundo) do nível sonoro durante o período de amostragem;
- Localização em planta dos pontos onde foram realizadas as medições.

b) Diagnóstico do nível de ruído e vibrações na área de influência, com base nas medições realizadas.

4.1.1.1. Geomorfologia e Solos

4.1.1.1.1. Aspectos pedológicos

Os solos na região de Piracicaba acompanhando o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (escala 1:500 000) do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) de junho de 1999 (Oliveira, 1999), e baseado na classificação dos solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), em publicação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), compreendem basicamente, quatro tipos principais: os Argissolos (P) anteriormente denominados Podzólicos, os Latossolos (L) com denominação idêntica ao sistema anterior, os Neossolos (R) englobando as classes anteriormente denominadas de solos aluviais, solos litólicos, e areias quartzosas (hidromórficas ou não) e os Nitossolos (N), sendo esta nova classe de solos de terras roxas, diferindo dos Neossolos pelo fato da estruturação das terras roxas originárias a partir do basalto e intrusivas associadas.

- Argissolos (P)

Compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou o horizonte E e apresentando, ainda, um horizonte plântico (se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural) e um horizonte glei (se presente não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural).

Por conceituação, os Argissolos apresentam predominantemente argila de atividade baixa. Contudo a capacidade adsortiva desta fração, para a mesma textura, é em geral ligeiramente superior a dos Latossolos.

Os Argissolos, por apresentarem em geral textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração argila, são facilmente preparados para o plano. São solos

muito profundos, isto é, não apresentam qualquer impedimento físico a penetração do sistema radicular pelo menos até 2 metros de profundidade.

O caráter álico é mais comum nos Argissolos Vermelho-amarelos do que nos Vermelhos e quando ocorre nestes últimos raramente atingem valores elevados. Os Argissolos Vermelhos apresentam maior porcentagem de óxidos de Fe_2O_3 do que os Vermelhos-Amarelos.

- Latossolos (L)

Compreendem solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 2 metros da superfície do solo ou dentro de 3 metros, se o horizonte A apresenta mais de 1,5 metro de espessura.

São solos com boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa. Esses solos, quando álicos, apresentam virtual ausência de alumínio ao longo do perfil o que constitui fator positivo, mas a natureza oxidica do material desses solos permite que se manifeste, a pouca profundidade, a predominância de cargas positivas sobre as negativas. Conseqüentemente a retenção de ânions (sulfatos, fosfatos, nitratos) é maior que a de cátions, fato que demanda práticas específicas de manejo.

Devido a sua elevada permeabilidade interna e a baixa capacidade adsorviva, esses solos de classificam como pouco filtrantes. Tal atributo permite esperar que, apesar de sua espessura, sejam grandes as possibilidades de contaminação de aquíferos por material tóxico neles depositados.

- Neossolos (R)

São solos constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 centímetros de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo os seguintes requisitos.

Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50 centímetros da superfície do solo

Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo do horizonte A

Ausência de horizonte plíntico dentro de 40 centímetros

Ausência de horizonte A chernozêmico conjugado a horizonte cálcio ou C carbonático.

Na área do empreendimento ocorrem, segundo a Carta Pedológica Semi-Detalhada do Estado de São Paulo (SF-23-Y-A-IV; Piracicaba; escala 1:100 000) do Instituto Geográfico e Cartográfico (Bejar et al, 1989), no setor norte Latossolos Roxos e no setor sul até as margens do Rio Piracicaba, solos Podzólicos Vermelho Escuros, como descritos abaixo (Oliveira, 1999)

- Latossolos Roxos:

Esta classe compreende solos não higromórficos com horizonte B latossólico de coloração vermelho-escuro-acinzentada a bruno-avermelhado-escuro precedido de qualquer tipo de horizonte A diagnóstico. Relacionam-se a conteúdos elevados de Fe_2O_3 (18-40%), com forte atração magnética, índice Ki 0,20-2,0 (Camargo et al, 1987).

Os Latossolos Roxos da área do empreendimento possuem caráter distrófico ou álico e horizonte A moderado caracterizando a Unidade Barão Geraldo que representa 70% dos latossolos roxos da Folha de Piracicaba.

Tais solos têm como material de origem na Depressão Periférica os "sills" de diabásio.

O relevo é suave e ondulado com inclinações da ordem de 2 a 7 % e na Depressão Periférica se situam entre 560 e 700 m.

Sua constituição (Tabela 16) mostra um elevado teor de argilas, o que está de acordo com os resultados das análises hidrogeológicas, indicando uma baixa permeabilidade para estes solos.

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
pH H ₂ O	a	3	5,7	5,3	6,2
	b	15	5,1 ± 0,3	4,6	6,1
pH KC1	a	3	4,7	4,1	5,3
	b	15	4,5 ± 0,6	4,6	6,1

(¹) g/kg. (²) mmol_c/dm³ TFSA. (³) mmol_c/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 16: Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
C ⁽¹⁾	a	3	1,9	1,5	2,3
	b	15	1,1 \pm 0,2	0,6	1,8
S ⁽²⁾	a	3	6,7	3,2	6,7
	b	15	1,6 \pm 0,4	0,5	3,3
A1 ³⁺ (²)	a	3	0,2	0,0	0,5
	b	15	0,7 \pm 0,3	0,0	1,6
CTC(²)	a	3	10,3	7,9	14,0
	b	15	6,2 \pm 1,3	2,5	15,7

(¹) g/kg. (²) mmol_o/dm³ TFSA. (³) mmol_o/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 16 - cont. - Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
CTC ⁽³⁾	a	3	17,1	12,9	23,8
	b	15	9,2 ± 1,8	3,8	15,7
V ⁽¹⁾	a	3	60	40	86
	b	15	28 ± 7	9	47
m ⁽¹⁾	a	3	5	0	14
	b	15	30 ± 13	0	61
Argila ⁽¹⁾	a	3	61	59	62
	b	15	67 ± 6	40	82

(¹) g/kg. (²) mmol_o/dm³ TFSA. (³) mmol_o/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 16 - cont. - Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo
Silte ⁽¹⁾	a	3	15	9	19
	b	15	11 ± 4	0	32
Areia fina ⁽¹⁾	a	3	7	4	24
	b	15	17 ± 3	6	
Areia grossa ⁽¹⁾	a	3	-	-	-
	b	15	5 ± 1	3	11

(¹) g/kg. (²) mmol_d/dm³ TFSA. (³) mmol_d/dm³ argila (fonte:Oliveira, 1999).

Tabela 16 - cont. - Média (x), limite de confiança (t.Sx), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) das características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de Latossolos Roxos da Unidade Barão Geraldo.

PODZÓLICOS VERMELHO-ESCUROS: Os podzólicos vermelho-escuros constituem uma classe proposta há poucos anos em caráter provisório (Camargo et al,1982) para formar um grupo particularizado de solos em distinção aos podzólicos vermelho-amarelos. Representam solos minerais não higromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas e teores de Fe₂O₃ inferiores a 15 g/ kg.

Na Folha de Piracicaba os solos podzólicos vermelho-escuros caracterizam a Unidade Campestre e estão associados a horizonte A moderado a chernozêmico, textura argilosa, cores vermelho vivo, caráter eutrófico a distrófico e presença de cascalho “bonecas” de sílex (pode faltar). Os solos desta unidade se relacionam aos sedimentos argilosos da Formação Irati, por isso as “bonecas” de sílex, as vezes em abundância ao longo do perfil, são denominados de Unidade Vermelhão.]

Também estes solos apresentam em sua constituição (Tabela 17), segundo a fonte consultada, porcentagens elevadas de argila, corroborando os dados de levantamentos locais executados.

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
pH H ₂ O	a	27	$5,6 \pm 0,5$	4,6	6,9	9
	b	41	$5,6 \pm 0,7$	4,6	6,7	13
C ¹	a	27	$1,5 \pm 0,3$	0,9	2,0	21
	b	40	$0,7 \pm 0,2$	0,3	1,1	29
S ⁽²⁾	a	27	$5,8 \pm 3,1$	1,4	16,3	54
	b	40	$5,5 \pm 4,0$	0,7	15,8	72

Característica	Camada	Número de Pontos	$\bar{x} \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
A1 ³⁺ (²)	a	27	0,3 ± 0,4	0,0	1,6	163
	b	40	0,6 ± 0,8	0,7	2,5	122
CTC(²)	a	27	9,9 ± 3,4	6,7	17,6	24
	b	40	9,0 ± 3,3	4,4	18,5	37
CTC(³)	a	27	24,5 ± 7,2	12,9	39,0	30
	b	40	14,4 ± 5,2	6,7	27,7	36
V(¹)	a	27	55 ± 17	20	93	31
	b	40	55 ± 26	10	90	46
m(¹)	a	27	7 ± 13	0	51	182
	b	40	19 ± 25	0	78	134
Argila(¹)	a	27	42 ± 9	26	66	21
	b	40	64 ± 10	37	81	16

Característica	Camada	Número de Pontos	$x \pm t.Sx$	Mínimo	Máximo	CV
Silte ⁽¹⁾	a	27	13 ± 7	1	27	53
	b	40	8 ± 5	1	22	57
Areia fina ⁽¹⁾	a	27	35 ± 7	19	48	21
	b	40	23 ± 9	8	41	38
Areia grossa ⁽¹⁾	a	27	11 ± 6	4	30	55
	b	40	6 ± 4	2	19	38

(¹) g/kg. (²) mmol_c/dm³ TFSA. (³) mmol_c/dm³ argila (fonte: Oliveira, 1999).

Tabela 17: Média (\bar{x}), limite de confiança ($t.Sx$), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) de varias características da camada superficial (a) e subsuperficial (b) de solo Podzólico Vermelho-Escuro, Unidade Campestre.

4.1.1.2. *Geologia da AID*

A área de estudo está localizada na borda centro-leste da Bacia Sedimentar do Paraná, formada por grande variedade de litologias que podem ser agrupadas em quatro grandes domínios geológicos: as rochas metamórficas (essencialmente metassedimentares) pertencentes ao embasamento cristalino; o pacote de rochas Mesozóicas e Paleozóicas, as rochas efusivas e os corpos intrusivos básicos e as coberturas sedimentares Cenozóicas.

A Bacia do Paraná é uma entidade geotectônica estabelecida no interior da Plataforma Sul-Americana no Paleozóico Inferior, após a elaboração final das estruturas originadas no decorrer do Ciclo Brasileiro, seguida pelo esculpimento erosivo.

A Bacia do Paraná, no decorrer de sua longa história, teve configuração condicionada por arqueamentos, flexuras e alinhamentos estruturais do embasamento que se comportaram como grandes estruturas de atuação.

O desenvolvimento estrutural da bacia no Brasil foi grandemente influenciado, durante o decorrer da maior parte de sua história, por duas direções predominantes: NNE-NE e NW. Elas determinam a orientação das estruturas de maior ordem da bacia, positivas ou negativas e aparentemente refletem feições muito antigas do embasamento, nem sempre manifestadas na superfície.

Na região de Piracicaba afloram predominantemente litologias sedimentares de origem principalmente clástica, com finos níveis químicos subordinados, associadas com corpos intrusivos básicos, relacionadas às formações basais do setor leste da Bacia do Paraná.

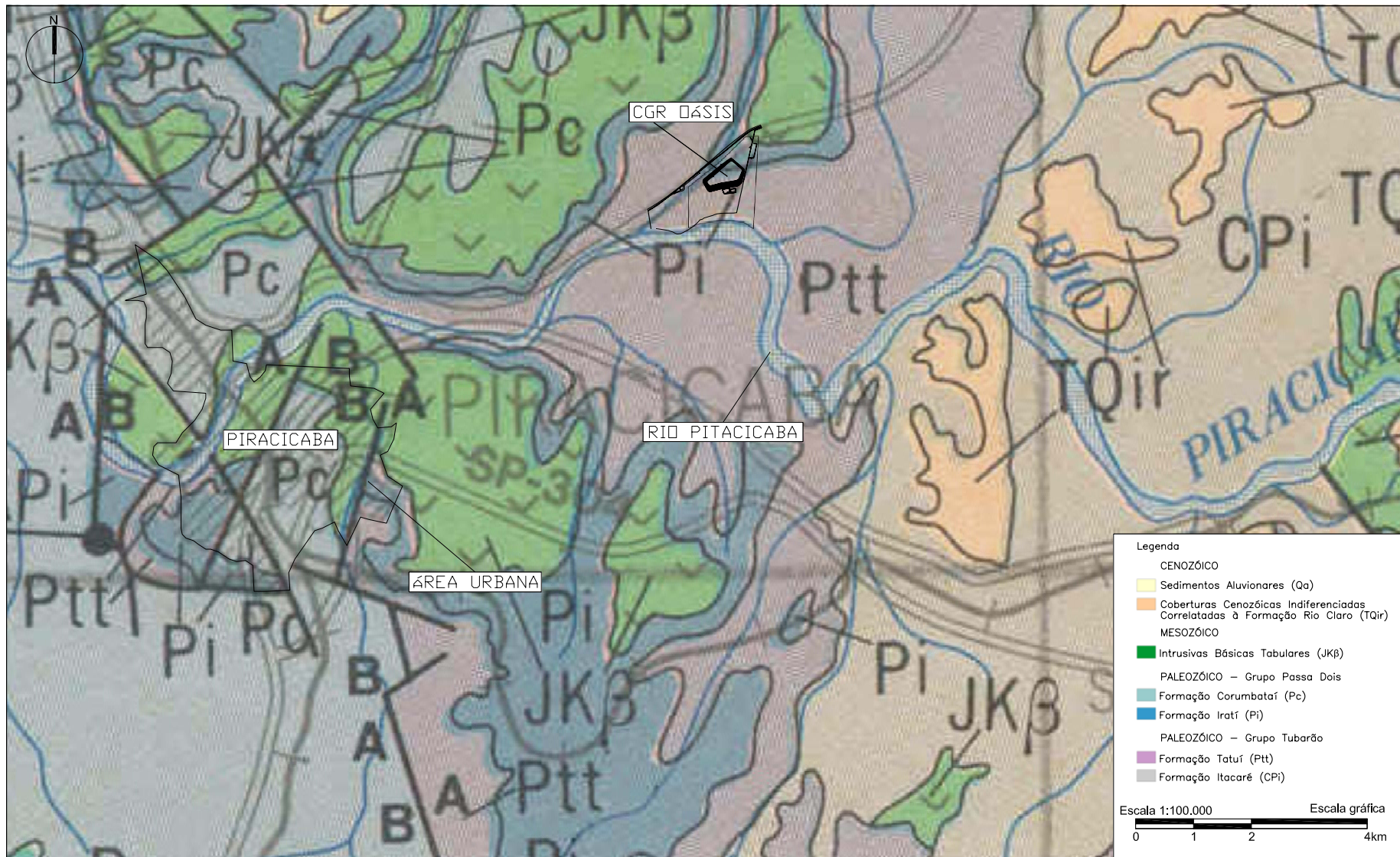


Figura 49: MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE PIRACICABA (Fonte: IPT, 1981).

4.1.1.3. Recursos Hídricos

4.1.1.3.1. Recursos Hídricos Superficiais

As informações de caráter regional dos recursos hídricos superficiais foram obtidas em dados pré-existentes, obtidos principalmente dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores publicados pela CETESB em 2005 e 2008. Estes estudos englobam a análise das vazões da bacia do Rio Piracicaba, a qualidade das suas águas superficiais e a qualidade dos sedimentos presentes nestas águas. Dados importantes foram obtidos no Projeto Piracena, da escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, pertencente à Universidade de São Paulo – USP.

4.1.1.3.1.1. Resultados obtidos

Esta bacia do rio Piracicaba possui segundo o DAEE (2007) área de drenagem de 11.400 km², tendo como seus afluentes os rios Atibaia, Corumbataí e Jaguarí. O rio Piracicaba possui extensão de aproximadamente 115 km e ao longo deste percurso em que drena 57 municípios tem segundo CETESB (2008) como usos principais o abastecimento, recebimento de efluentes (tanto domésticos como industriais) e a irrigação de plantações (Figura 50).

A bacia do Rio Piracicaba apresenta desnível topográfico de cerca de 1.400 metros e possui disponibilidade hídrica significativa, no entanto grande parte das águas represadas em suas cabeceiras é revertida para outras regiões, para fins de abastecimento público (Sistema Cantareira, Jundiaí e Campinas) (Saad, 2005).

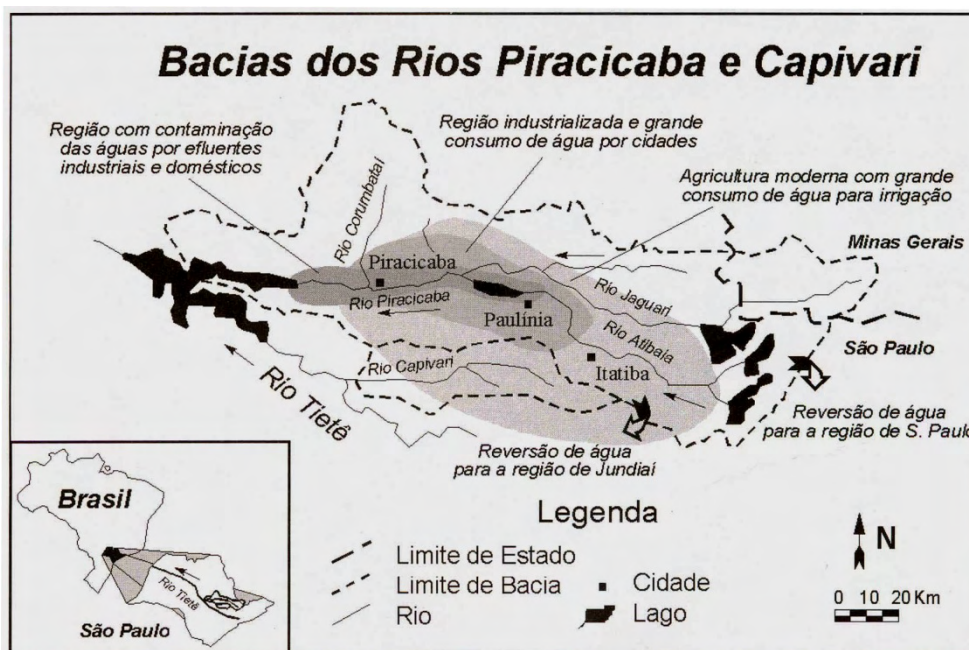


Figura 50: Situação do consumo e contaminação das águas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba e Capivari (Monticeli e Barros, 1992).

4.1.1.3.1.2. Análise das vazões da bacia do Rio Piracicaba

Para as análises temporais das vazões da bacia do Rio Piracicaba, primeiramente, foram escolhidos postos fluviométricos próximos e com boa disponibilidade de dados ao longo dos últimos anos. Em vista da bibliografia existente, foram então escolhidos os postos denominados de Posto CESP (sem numeração DAEE) de coordenadas: Latitude 22°41'Sul e Longitude 47°35'Oeste e Posto Artemis (4D-007) ambos no Rio Piracicaba, à jusante do empreendimento (figura 51). O período histórico adotado para análise foi o correspondente a 1930-1995, através dos dados obtidos no Projeto Piracena para o posto CESP e de 1985 a 2004 para o Posto Artemis, quando todas as represas do Sistema Cantareira já se encontravam em operação.

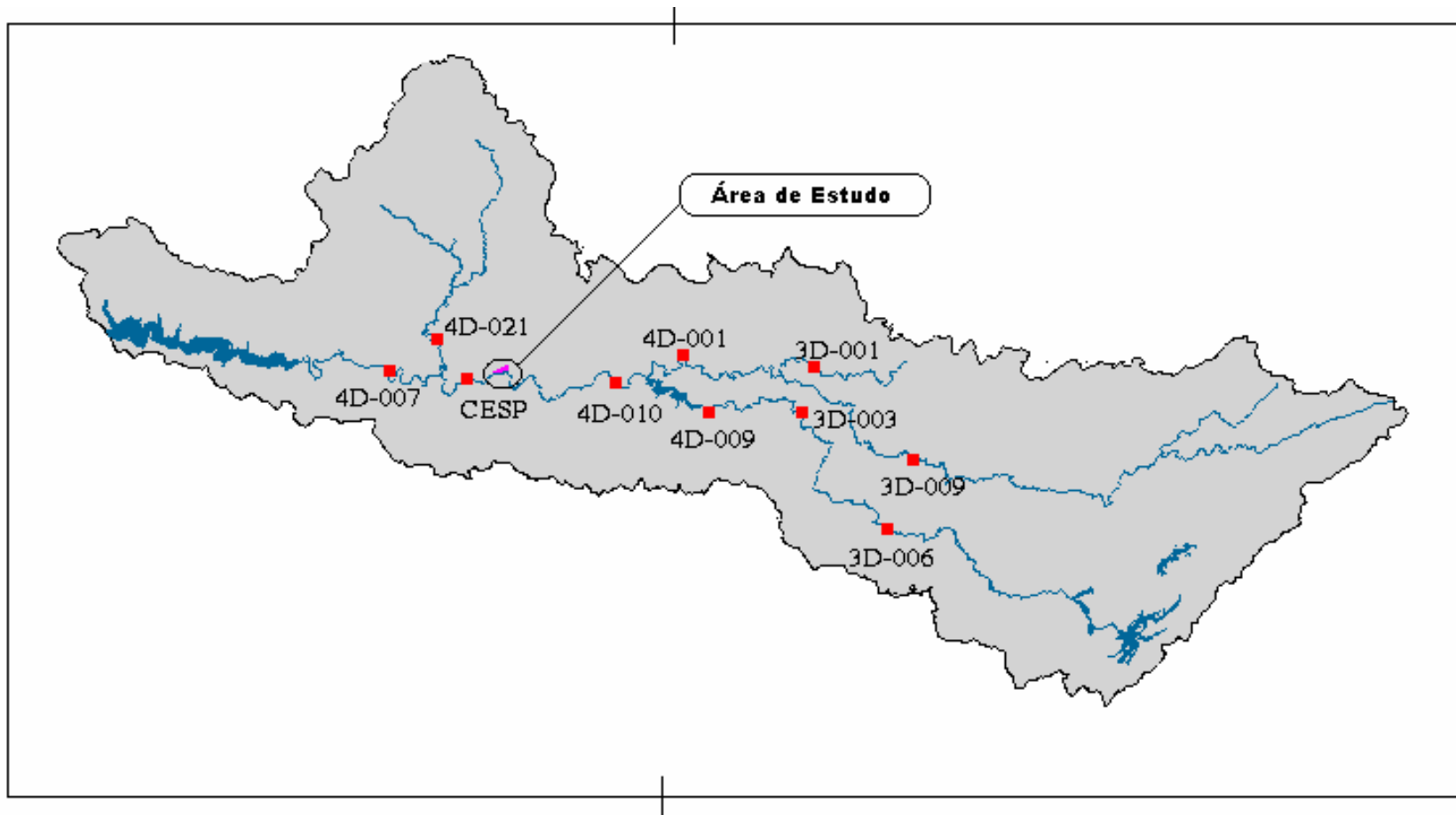


Figura 51: Mapa de localização dos postos fluviométricos na bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Projeto Piracena.

4.1.1.3.1.3. *Qualidade das Águas Superficiais*

O registro da qualidade de água na bacia do rio Piracicaba é feito pela CETESB, por meio de amostragens de diferentes parâmetros da rede de monitoramento de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo (Cetesb, 2005, 2006 e 2007). Esta qualidade das águas do rio Piracicaba foi avaliada em seis pontos de amostragem situados em sua calha:

- PCAB02220: Localiza-se na captação do município de Piracicaba, no início do trecho urbanizado;
- PCAB02800: Localiza-se no distrito de Ártemis, no município de Piracicaba, a jusante da área urbana;

Na seqüência (de montante para jusante), os valores de IQA diminuem, chegando aos piores níveis no ponto PCAB02220 (captação de água do município de Piracicaba). Após o município de Piracicaba, a qualidade da água melhora consideravelmente, até atingir o Reservatório de Barra Bonita, onde os níveis de qualidade são de bom a ótimo.

O ponto PCAB 02220 é o mais crítico e apresenta um IAP, conforme Tabela 18, indicando qualidade péssima, mesmo sendo local de captação do município de Piracicaba; sua baixa qualidade está associada à sua proximidade à área urbana de Piracicaba. O ponto PCAB02800 a jusante do município de Piracicaba já indica recuperação da qualidade da água deste curso d'água, esta recuperação está associada ao tratamento de parte dos esgotos domésticos do município de Piracicaba e as características morfológicas da calha do rio neste trecho, que possui áreas com corredeiras, favorecendo a oxigenação da água e o processo de degradação da matéria orgânica lançada no rio.

IAP

PCAB 02220	Rio Piracicaba	38	-	-	-	43	-	39	-	-	-	2	-	30
PCAB 02800	Rio Piracicaba	50	-	37	-	50	-	46	-	40	-	30	-	42

IVA

PCAB 02220	Rio Piracicaba	8,6	-	5,4	-	9,2	-	7,6	-	7,6	-	8,6	-	7,8
PCAB 02800	Rio Piracicaba	11,2	-	6,4	-	5,4	-	6,4	-	7,6	-	8,6	-	7,6

LEGENDA

Qualidade					Não Calculado
Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima	-

Tabela 18: Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público IAP e - Índice de qualidade de água para proteção da vida aquática - IVA (Fonte site CETESB 2009 - <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/ugrhis/u05.asp>)

Conforme ainda a CESTESB (2009), a crescente urbanização e industrialização de algumas regiões do Estado de São Paulo tem como consequência um maior comprometimento da qualidade das águas dos rios e reservatórios, devido, principalmente, à maior complexidade de poluentes que estão sendo lançados no meio ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população.

No trecho seguinte, entre os municípios de Americana e Piracicaba, o rio Piracicaba ainda recebe os lançamentos dos municípios de Limeira, por meio de ribeirão Tatu e de Santa Bárbara do Oeste, pelo Ribeirão dos Toledos, mantendo sua qualidade comprometida (CETESB, 2005).

4.1.1.3.2. Recursos Hídricos Subterrâneos

As informações referentes à análise da AID, ou seja, de caráter regional dos recursos hídricos subterrâneos foram obtidas principalmente, no Relatório Zero do Comitê de Bacia da PCJ CETEC (1999) e do Relatório Situação dos Recursos Hídricos 2002/2003 Relatório Síntese (Saad, 2005). Além da descrição sobre as características do aquífero predominante na região do empreendimento, foi destacado o item relativo à vulnerabilidade dos aquíferos regionais.

4.1.1.3.3. Disponibilidade De Água Subterrânea Na Bacia Do Rio Piracicaba

Uma vez que a água subterrânea é uma componente indissociável do ciclo hidrológico, sua disponibilidade no aquífero relaciona-se diretamente com o escoamento básico da bacia de drenagem instalada sobre sua área de ocorrência. O potencial de água subterrânea da bacia constitui então uma parcela desse escoamento que, por sua vez, corresponde à recarga transitória do aquífero. Assim, para uma estimativa da disponibilidade hídrica do aquífero, torna-se fundamental a determinação do escoamento básico da bacia que se pretende avaliar. No caso do empreendimento proposto deve-se analisar os dados referentes aos aquíferos presente na Bacia do Piracicaba, da mesma forma como foram analisados os dados de águas superficiais.

Para as estimativas estabelecidas neste diagnóstico, os volumes de recarga transitória média multianual dos aquíferos que correspondem ao escoamento básico, foram obtidos a partir do relatório “Caracterização dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo” elaborado pelo DAEE em 1984, citados no Relatório CETEC 2000.

A quantidade de água subterrânea possível de ser retirada de um aquífero é de difícil precisão, tratando-se de uma questão subjetiva, local e, portanto, polêmica, dentro de

limites a serem estabelecidos e com um valor máximo determinado pela geometria do aquífero, suas propriedades físicas intrínsecas e suas características hidrodinâmicas.

O limite estabelecido relaciona-se com a reserva reguladora de água no aquífero que é mantida pelo volume de água infiltrado para o aquífero a partir da precipitação que ocorre na bacia, atuando diretamente no escoamento básico dos corpos de água superficial da região. Em outros termos, esse volume equivale a recarga média multianual do aquífero ou ainda ao potencial renovável de água subterrânea de uma bacia, correspondendo ao volume de água que é drenado pelos rios na forma de seu escoamento básico, desde que não ocorram retiradas artificiais significativas de água dos aquíferos, através da exploração por poços, ou que não ocorra a recarga profunda, característica em aquíferos confinados como pode ser o caso do Botucatu na região.

Diante desses fatos ficam claras as várias limitações que se impõem aos volumes ou reservas explotáveis de água subterrânea a partir dos aquíferos que ocorrem na bacia. A questão é técnica e também econômica quando se deve decidir o quanto desejamos influenciar no escoamento básico e, por conseguinte, nas vazões mínimas dos rios da bacia. Os limites estabelecidos neste diagnóstico levam em conta esses aspectos, de forma que as parcelas de água retiradas ao escoamento dos rios e ribeirões não signifiquem reduções tão críticas nas vazões atuais, considerando o retorno da água através dos esgotos urbanos e efluentes industriais, da ordem de 80% da água consumida.

Assim, para estabelecermos a disponibilidade potencial ou reservas explotáveis de água subterrânea a partir dos aquíferos da Bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiá foram fixados índices de aproveitamentos, aplicados à recarga transitória média multianual dos aquíferos na bacia, conforme apresentado no Tabela 19. A diferenciação entre os índices adotados para os diferentes aquíferos deve-se a razões hidrogeológicas, como o tipo de porosidade e a hidráulica dos aquíferos, e as técnicas convencionais disponíveis para captação de águas subterrâneas. Quanto mais

heterogêneo e descontínuo o aquífero, maior a dificuldade de provocar rebaixamentos extensivos, que exigiriam um número maior de poços, nem sempre proporcionando retiradas de água subterrânea viáveis técnica e economicamente.

Aquíferos	Q _{básico} (m ³ /s)	Índice (%)	Q _{disponível} (m ³ /s)
Cenozóico – CZ	2,0	25	0,50
Diabásio – DB	3,8	20	0,75
Passa Dois – PD	7,8	15	1,17
Tubarão (Itararé) - TB	13,4	25	3,35
TOTAIS:	25,3		5,44

Tabela 19: Disponibilidade de Águas Subterrâneas na Bacia

Q básico = Escoamento básico (em m³/s)

Índice = Índice de aproveitamento do aquífero (em %)

Q disponível = Vazão potencial disponível (em m³/s)

Do ponto de vista qualitativo, deve-se atentar para o risco de contaminação das águas subterrâneas (com duas variáveis principais: vulnerabilidade e cargas poluidoras) e, do ponto de vista quantitativo, o excesso de exploração. Neste sentido, devem ser priorizadas as seguintes ações: cadastro sistemático de poços; estudos de geologia estrutural (geometria das camadas, estruturas, etc.); estudos para determinação de parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos; mapeamento de detalhe da vulnerabilidade natural dos aquíferos e inventários temáticos visando à determinação das cargas poluidoras.

Neste sentido, consultando-se o sistema SIAGRAS da CPRM, pode-se obter informações sobre os poços existentes na região do empreendimento, como pode ser visto na Figura 52. Próximo ao empreendimento existe apenas um poço tubular de número 7470026 SP cujos dados no sistema consultado (Anexo III) apontam para uso doméstico, apesar do proprietário ser cadastrado como Cooperativa de Produção de

Açúcar e Álcool. O poço é explorado a mais de 150 metros de profundidade e, no entanto, sua vazão é de apenas 3m³/h, condizente com os dados regionais para o sistema Diabásio, explorado neste caso.

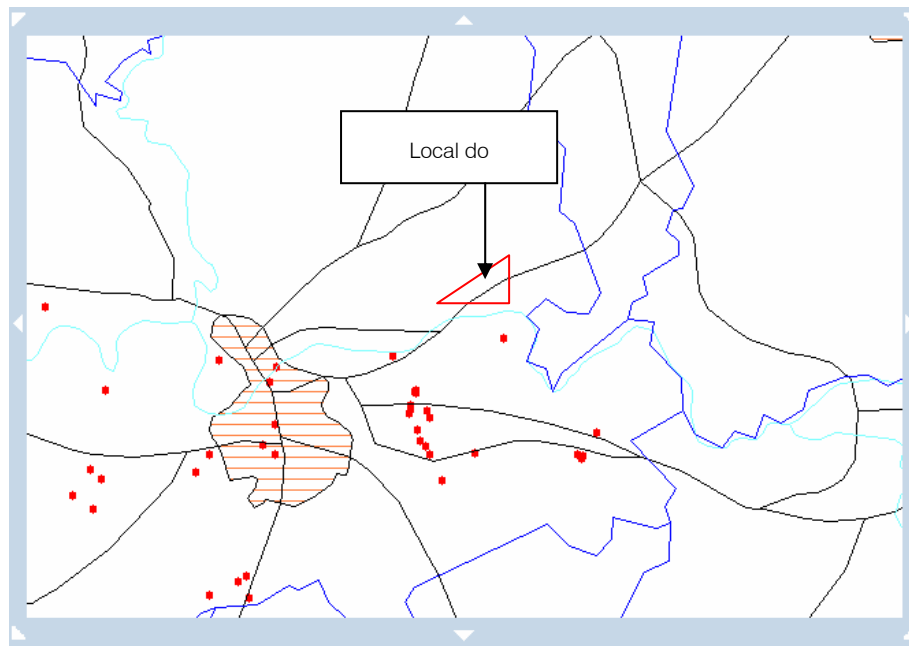


Figura 52: Mapa de poços existentes no município de Piracicaba, na região do empreendimento. Fonte: SIAGAS (CPRM).

4.1.1.3.4. *Vulnerabilidade Dos Aqüíferos Regionais*

De acordo com o relatório do “Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, elaborado pelo IG/CETEST/DAEE em 1997, a vulnerabilidade de um aqüífero significa sua maior ou menor susceptibilidade de ser afetado por uma carga poluidora. Neste trabalho é discutida a vulnerabilidade a diversos parâmetros de ocorrência usual no Rio Piracicaba, conforme os dados obtidos nos relatórios CETESB citados. Estes elementos, mesmo que em sua maioria não estejam ocorrendo em quantidades significativas ou acima dos limites estipulados pela Legislação incidente, deve servir de parâmetro para o monitoramento que certamente deverá ser instituído na aprovação do empreendimento proposto.

O risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação de vulnerabilidade natural do aqüífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em sub-superfície.

O processo mais comum da poluição da água subterrânea ocorre quando substâncias nocivas geradas pelas diversas atividades antrópicas são colocadas diretamente em contato com o solo e penetram em função do carreamento proporcionado pela infiltração das águas das chuvas.

Mesmo ocorrendo na região menos ocupada pela expansão urbana e de menor atividade industrial da região, os aqüíferos dos grupos Tubarão e Passa Dois, no geral onde predominam litologias constituídas por depósitos possivelmente marinhos de planícies de maré incluindo argilitos, folhelhos e siltitos cinza, arroxeados ou avermelhados, com intercalações de bancos carbonáticos, sillexitos e camadas de arenitos finos, condicionando aqüíferos com porosidade e de fissuras assumem um índice de vulnerabilidade baixo, uma vez que os mesmos possuem grande heterogeneidade, descontinuidade, e anisotropia, mitigando os efeitos mais extensivos da poluição imposta, somadas a sua permeabilidade muito reduzida.

Do ponto de vista qualitativo, segundo Saad (2005), deve-se atentar para o risco de contaminação das águas subterrâneas com duas variáveis principais a vulnerabilidade e as cargas poluidoras. Do ponto de vista quantitativo, o mesmo autor destaca a super-exploração nas áreas mais vulneráveis na bacia do rio Piracicaba que são aquelas localizadas nos aluviões dos principais cursos d'água e nos locais de afloramento das principais unidades aquíferas.

O oxigênio dissolvido é um gás de fundamental importância para o metabolismo da maioria dos organismos que habitam os ecossistemas aquáticos. A concentração desse gás na água depende do equilíbrio que ocorre entre a entrada pela atmosfera e pela fotossíntese e as perdas devidas às oxidações químicas e bióticas (Wetzel, 1983). A concentração e a distribuição do oxigênio nestes ambientes é frequentemente essencial para se compreender a distribuição, comportamento e crescimento da biota (Wetzel, 1983).

O consumo de oxigênio dissolvido nos corpos d'água é registrado através das demandas de oxigênio (DBO e DQO). A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de O₂ necessária para a decomposição da matéria orgânica, que pode ter origem natural ou antropogênica através de esgotos domésticos ou industriais. A DQO é um indicador da presença da matéria orgânica e é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de agentes químicos. O aumento da concentração da DQO num corpo d'água é decorrente principalmente de despejos industriais.

O ferro e manganês têm origem natural na diluição de compostos do solo, sendo que seus teores variam muito em função da litologia da região e do período chuvoso. Suas origens antropogênicas são relativas a despejos industriais de metalurgia, processamento de metais ou drenagem de área de mineração.

As propriedades ópticas da água constituem um importante elemento para caracterização das águas superficiais, sendo modificadas das mais variadas maneiras por substâncias dissolvidas e em suspensão (Maier, 1977).

Os dados de turbidez e de sólidos em suspensão são indicadores destas propriedades. Os sólidos são partículas presentes no meio que podem interferir na penetração de luz, podem arrastar organismos planctônicos e soterrar organismos bentônicos, além de agregar organismos patogênicos. A turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água. Tem sua origem natural através de partículas de rocha, silte e argila e através de algas ou outros microrganismos, não apresentando inconvenientes sanitários. A origem de substâncias que alteram esses parâmetros está nos despejos domésticos ou industriais e a erosão, podendo neste caso estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

Os processos de transporte de nutrientes que resultam no aporte destes a um corpo d'água estão vinculados diretamente com o grau e tipo de ocupação humana, tipos de solos e variáveis geomorfológicas. Dentre os tipos de ocupação, a agricultura intensiva e a urbanização representam as que contribuem com maior aporte de nitrogênio e fósforo aos corpos d'água (Grobier & Silberbauer, 1985; Ferreira et al., 1992). A entrada desses elementos no meio aquático permite aumento d produção de matéria orgânica, e seu acúmulo, maior consumo de oxigênio dissolvido, diminuição da diversidade e um conjunto de outros efeitos que compõem o processo de eutrofização cultural, que está associado, portanto a piora na qualidade da água e a degradação ambiental.

O nitrogênio está presente na água através de diversos compostos orgânicos e nas formas inorgânicos de nitrato, nitrito e amônia, podendo se originar da fixação do gás nitrogênio (N₂), tanto na água como nos sedimentos da precipitação atmosférica e da drenagem superficial e subterrânea (Wetzel, 1983). Os compostos de nitrogênio representam para o corpo d'água uma carga de nutrientes necessária sobretudo à alimentação das algas e plantas aquáticas.

O nitrogênio amoniacal é um composto de nitrogênio indicador da contaminação recente podendo também indicar a existência de microrganismos patogênicos, por

sua presença estar associada a descargas de efluentes domésticos recentes. É uma forma química do nitrogênio instável na presença do oxigênio.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrado nas águas, pois é a forma estável de nitrogênio. As principais fontes de nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos como algas florescem na presença destes.

A condição oxidante das águas faz com que o nitrogênio inorgânico esteja principalmente como nitrato. Os dados de nitrogênio Kjeldhal, que representa a somatória de amônia e nitrogênio orgânico, mostram a predominância do nitrogênio orgânico, indicando o aporte de matéria orgânica para o rio.

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. Entretanto, eles não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados para ortofosfatos por bactérias. Em geral a fonte natural de fósforo para as águas é a lixiviação de rochas fosfatadas e a decomposição de matéria orgânica, podendo se constituir em fontes adicionais os fertilizantes agrícolas, esgotos domésticos e detergentes.

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origens minerais, vegetais ou animais. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São encontrados em águas naturais, porém em concentrações mínimas. A presença dessas substâncias nos corpos d'água está relacionada, principalmente, aos despejos industriais, esgotos domésticos e outras atividades antrópicas.

A degradação dos óleos e graxas nos corpos d'água é lenta, decorrente de sua baixa solubilidade, portanto, aumentando o tempo de autodepuração dos corpos d'água contaminados. Os óleos e graxas em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido elevando a DBO_{6,20} e a DQO, causando alteração no ecossistema

aquático. Além disso, material graxo diminuí a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo a transferência do oxigênio da atmosfera para a água, conseqüentemente reduzindo ainda mais o OD na coluna d'água.

A legislação brasileira (CONAMA 357/2005) não define valores de concentração de óleos e graxas para águas superficiais de classe 1, 2 e 3, apenas cita que deve estar virtualmente ausente. Em corpos d'água como o rio Piracicaba, a distribuição de óleos e graxas pode ser bastante aleatória, decorrente da extensa lâmina d'água e das atividades que ocorrem no rio aumentando a possibilidade de contaminação, por exemplo, de combustível e óleos lubrificantes. A concentração de óleos e graxas nas estações analisadas apresenta um padrão de distribuição de baixas concentrações.

Os surfactantes são definidos como “substâncias ativas ao azul de metileno” e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno linear (LAS) utilizado como padrão na análise, mas os surfactantes são conhecidos como detergentes, que são lançados nos cursos d'água através dos esgotos domésticos (3 a 6 mg/L) e por efluentes industriais, sendo que, alguns setores industriais lançam detergentes em concentrações elevadas. O monitoramento dos surfactantes é importante porque sua concentração nos rios tem aumentado com o aumento da urbanização e conseqüentemente por serem tóxicos para diversos organismos aquáticos. As concentrações de substâncias surfactantes registradas neste estudo estão abaixo dos limites de legislação, não apresentando toxicidade à biota aquática.

Os estudos bacteriológicos comumente estão associados às descargas de esgotos domésticos e escoamento da água das pastagens. O grupo de coliformes possui alguns gêneros (*Klebsiella*, *Serratia*, *Erwenia*) que ocupam amplamente o solo e a vegetação estando presentes nas águas superficiais. A *Escherichia coli*, utilizada para a análise de coliformes fecais é uma bactéria da flora intestinal dos animais homeotermos, e são abundantes em suas fezes. Porém, fora desses organismos, estas bactérias têm vida efêmera. A contagem *E.coli* é capaz de diagnosticar o grau

de contaminação recente por fezes desses animais, sendo uma leitura indireta para possíveis parasitas humanos.

As áreas mais vulneráveis para as águas subterrâneas na Bacia do Rio Piracicaba são aquelas localizadas nos aluviões dos principais cursos d'água e nos locais de afloramento das principais unidades aquíferas, notadamente das formações Pirambóia e Botucatu, que constituem áreas de recarga do aquífero Guarani, mas que, felizmente, não se encontram na área do empreendimento.

4.1.1.4. Característica Climática Local

O clima predominante na região de Piracicaba, segundo a classificação Köppen, é do tipo (mesotérmico com invernos secos e verões quentes), apresentando temperaturas médias anuais de 20 a 21°C (Heitzmann, 1999).

As médias anuais de precipitação pluviométrica variam de 1.000 a 1.500 mm (mínimo de 500 e máxima de 2.500 mm). Entre os meses de outubro e março o período de chuvas apresenta valores acima de 100 mm mensais, enquanto que no período seco, de abril a setembro, os valores normalmente estão abaixo de 40 mm mensais. Como média anual chove 120 dias nesta região. As estações meteorológicas D4-047 e D4-111 do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo-DAEE, sendo que a primeira com medições diárias há mais de 20 anos, embasam estes dados.

As informações sobre evapotranspiração na região de Piracicaba fornecem valores de 22 mm mensais no período seco e 48 mm mensais no período de chuvas (SPA, 1990).

Os ventos na região, sempre na direção geral SE, apresentam velocidades médias de 2 m/s.

4.1.1.4.1. Qualidade Do Ar

4.1.1.4.1.1. Caracterização das Estações da CETESB em Piracicaba

Em Piracicaba a CETESB tem instaladas estações da Rede Manual de Monitoramento, cuja configuração é apresentada na Figura 53 (Litoral e Interior). Observa-se que a Estação Manual de Piracicaba possui monitores de Fumaça - FMC, Dióxido de Enxofre - SO₂ e Partículas Inaláveis - MP10. De fato, trata-se de duas estações, conforme mostra a Tabela 20, na seqüência.

A Estação Piracicaba – Centro representa uma das áreas mais densamente ocupadas e com maior tráfego de veículos do município (Figura 54), devido a sua localização central e proximidade à rodoviária. Conseqüentemente, estima-se que as concentrações obtidas nesta estação são, em geral, mais elevadas que as de outras áreas do município, de forma que a avaliação da qualidade do ar em áreas rurais através dos dados da mesma é inerentemente conservadora.



Figura 53: Mapa e configuração da Rede Manual de Monitoramento. Fonte CETESB (2007)

FMC	SO ₂	MP ₁₀	Localização
			Pça. Tibiriçá - em frente ao Colégio Moraes Barros - Centro
			Av. Fco. de Souza, altura do nº 1098 – Bairro Algodão

Fonte CETESB (2007)

Tabela 20: Configuração e Endereço das Estações Manuais de Piracicaba.

A Rede Manual compreende estações constituídas por equipamentos que requerem a intervenção de operadores, antes e após a realização de cada coleta. Nestas estações a CETESB realiza coletas de 24 h de duração, a cada 6 dias. Desta forma, em cada estação, são realizadas cerca de 61 coletas por ano, por parâmetro.

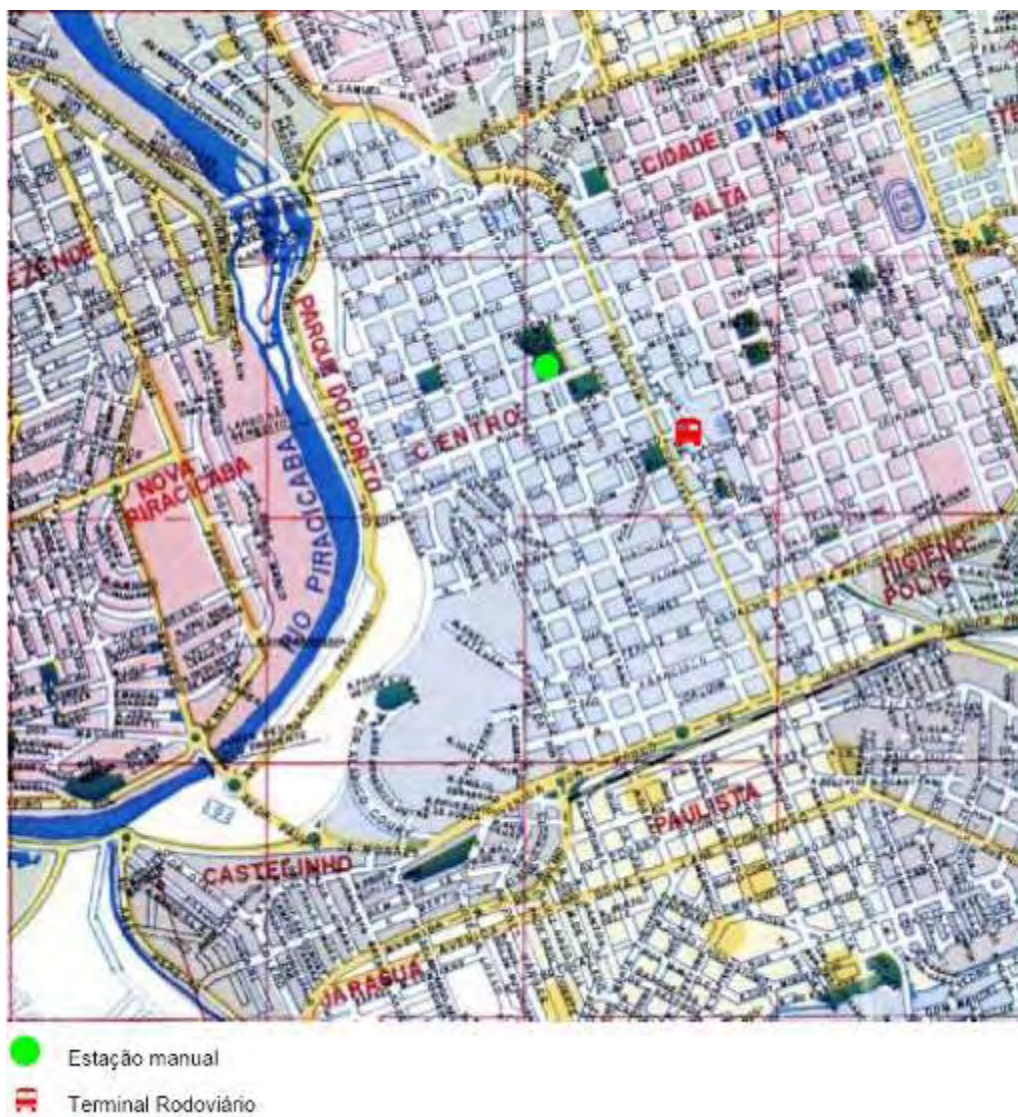


Figura 54: Mapa de localização da Estação Manual Piracicaba – Centro. Fonte CETESB (2004).

4.1.1.4.1.2. Considerações os dados de ar-ambiente de Piracicaba

Os dados de qualidade do ar destas estações são apresentados na Tabela 21, sendo comparados aos respectivos padrões CONAMA 03/1990, apresentados na Tabela 22.

L O C A L	ANO																			
	2002				2003				2004				2005				2006			
	P Q A R	M A A	Máx.		P Q A R	M A A	Máx.		P Q A R	M A A	Máx.		P Q A R	M A A	Máx.		P Q A R	M A A	Máx.	
			1a	2a			1a	2a			1a	2a			1a	2a			1a	2a
SO ₂																				
Centro	-	<5	7	7	-	<5	11	5	-	<5	5	5	-	<5	<5	<5	-	<5	5	<5
Fumaça																				
Centro	0	20	66	58	0	14	55	44	0	16	52	47	0	19	54	51	0	20	57	57
PI																				
Algo- doal	0	55	134	128	3	56	166	161	0	52	132	128	0	36	101	97	0	42	142	109

Tabela 21: Dados de Qualidade do Ar de Piracicaba.

Obs 1: PQAR – indica o número de ultrapassagens durante o ano de referência.

Obs 2: MAA – indica a média aritmética anual dos dados no ano de referência.

Obs 3: Máx – indica a concentração máxima observada durante o ano de referência.

Nota 1: O monitor passivo de SO₂ realiza coletas com tempo de exposição de 30 dias. As concentrações máximas podem ser comparadas conservadoramente ao respectivo padrão anual CONAMA.

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PADRÃO SECUNDÁRIO $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas totais em suspensão – PTS	24 horas ⁽¹⁾	240	150
	MGA ⁽²⁾	80	60
Dióxido de Enxofre - SO₂	24 horas ⁽¹⁾	365	100
	MAA ⁽¹⁾	80	40
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	100
	MAA ⁽³⁾	60	40
Partículas Inaláveis – PI	24 horas ⁽¹⁾	150	150
	MAA ⁽³⁾	50	50

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. (2) Média geométrica anual. (3) Média aritmética anual

Tabela 22: Resumo dos Padrões de Qualidade do Ar - CONAMA 03/1990.

A comparação entre as concentrações de poluentes monitoradas em Piracicaba (Tabela 21), contra os respectivos padrões CONAMA 03/1990 (Tabela 22) mostra que há ampla conformidade para SO₂ e fumaça. No caso do SO₂, a concentração mensal máxima observada em 2003, é igual a 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor é muito inferior ao padrão primário anual para este poluente: 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ressalta-se que a comparação de um dado mensal contra padrão anual é intrinsecamente conservadora, sendo a comparação ao padrão diário de 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ainda mais favorável.

Semelhantemente, a concentração máxima diária de fumaça, igual a 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1^a máxima em 2002), está em ampla conformidade ao padrão primário diário de fumaça, igual a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estudo da CETESB (2004) apresenta conclusão semelhante.

Concluindo, os dados supra mostram que a qualidade do ar em Piracicaba encontra-se BOA1 de forma consistente, ao longo dos últimos 5 anos, exceto para os particulados que registram índices entre o REGULAR e o INADEQUADO. Ressalta-se que as concentrações têm apresentado tendência de declínio.

4.1.1.4.1.3. *Considerações sobre o site do CGR – Piracicaba*

O local proposto para a instalação do CGR Piracicaba localiza-se em área predominantemente rural, sendo a atividade agrícola a única identificada no entorno, cuja cultura predominante é a da cana – de – açúcar. Portanto, avalia-se que a única atividade com potencial poluidor atmosférico na AID e ADA sejam as queimadas sazonais que precedem as colheitas da cana-de-açúcar (Figura 55).



Figura 55: Vista geral da área proposta para o empreendimento e entorno

A partir destes dados, considera-se que na localidade em tela, de forma geral, as concentrações de poluentes atmosféricos são inferiores às do centro de Piracicaba, conforme observado pela estação da CETESB. Portanto, considerando-se o diagnóstico favorável da qualidade do ar de Piracicaba, aliado a localização adequada do empreendimento, é possível se concluir pela viabilidade da instalação do empreendimento no local proposto.

4.1.1.1. Medição e Avaliação de Ruído visando Diagnóstico Ambiental

O empreendimento, denominado CGR Oásis apresenta ocupação esparsa do entorno e uso do solo predominantemente rural.

4.1.1.1.1. Metodologia

Foi realizada campanha de monitoramento dos níveis de ruído no meio ambiente em pontos próximos aos limites do terreno do empreendimento visando coleta de dados para diagnóstico e avaliação do conforto da comunidade no período diurno em 5 (cinco) pontos, na sexta – feira, 22/05/2009. Cada medição teve duração de 15 min.

A Norma ABNT norteadora deste trabalho é a NBR 10151 – Acústica – Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento (Jun/2000). Avaliou-se que o entorno do CGR Oásis enquadra em “Área de sítios e fazendas”, cujo limite diurno e noturno, conforme a norma, são 40 e 35 dB(A), respectivamente.

O equipamento utilizado neste trabalho, denominado de “medidor integrador de nível sonoro¹”, doravante referido por decibelímetro, atende a Norma NBR 10151. Os dados técnicos do equipamento utilizado e dados da calibração mais recente encontram-se em anexo.

¹ Conforme certificado de calibração em anexo.

Para esta avaliação foi utilizado o nível de ruído equivalente contínuo – Lra.². Os níveis de pressão sonora são apresentados na forma ponderada pela curva de resposta em frequência “A”, expressos em decibéis, ou seja: dB(A). A chave seletora do aparelho foi posicionada para tempo de resposta rápido (fast).

Para auxiliar nas medições e na padronização das mesmas, o aparelho foi montado em tripé com altura fixa a 1,4 m do solo.

Durante o campo não houve precipitação ou ventos significativos que pudessem alterar de forma significativa os dados. Fato atestado visualmente através do registro fotográfico.

Destaca-se que o decibelímetro foi calibrado³ antes e após o campo, sendo aferido seu funcionamento adequado.

Em cada ponto foram obtidas as coordenadas locais UTM através de GPS conforme mostrado na Foto 4 e tabela 23, a seguir.



Foto 4 – Utilização do GPS na determinação das coordenadas.

² Conforme definição NBR 10151.

³ Certificado de calibração em anexo.

Nº	PONTOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEIS DE RUÍDO	COORDENADA UTM (m)
1	Próximo ao trevo e acesso a área	E= 236.456 ; N= 7.489.723
2	Limite a único imóvel próximo	E= 237.758 ; N= 7.490.782
3	Limite leste, próximo ao rio Piracicaba	E= 237.461 ; N= 7.489.465
4	Limite oeste, próximo ao rio Piracicaba	E= 236.035 ; N= 7.489.267
5	Similar ao 4, mais próximo à colheitadeira de cana-de-açúcar	E= 236.116 ; N= 7.489.153

Tabela 23: Coordenadas dos pontos das medições de ruídos.

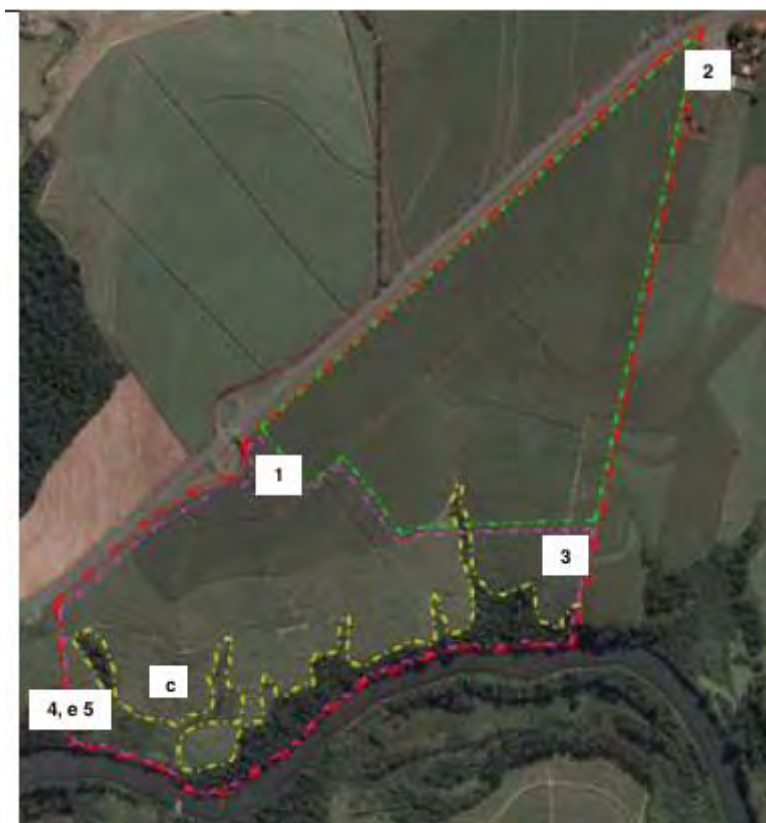


Figura 56: Localização dos pontos das medições dos níveis de ruído no terreno do CGR Oásis. A letra “c” indica a posição da colheitadeira de cana-de - açúcar.

Durante o campo, próximo aos pontos 4 e 5 estava ocorrendo colheita mecanizada de cana-de-açúcar, no local indicado na Figura 6 por “c”. Avalia-se que a medição nestas

condições representa adequadamente o diagnóstico ambiental por retratar a atividade corrente, assim como as condições prevalentes sob a alternativa hipotética da não implantação do empreendimento (alternativa zero). Tanto no ponto 4 quanto no 5 a colheitadeira de cana-de-açúcar, em movimento, pode ser avistada ocasionalmente, sendo ocultada devido a topografia e pela vegetação.

4.1.1.1.2. Resultados

Ponto 1 - Rod. SP 147 km 133.

O ponto 1 localiza-se próximo ao limite da propriedade, defronte ao trevo da Rodovia SP147, km 133. Durante as medições se observou que o movimento de veículos na rodovia era relativamente baixo. Em via interna, em terra, houve tráfego de veículos agrícolas, a cerca de 200 m de distância.

Ponto 1	L_{eq} dB (A) diurno	Hora
Medição	55,8	12:17 a 12:32
NCA	40,0	Na

Tabela 24: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 1)

Os níveis de ruído monitorados no Ponto 1 (Tabela 24) estão acima do limite legal aplicável. As Fotos 5 e 6 mostram o aparelho sendo utilizado nas medições.



Foto 5 - Visto do decibélmetro próximo a cerca, terreno adentro.



Foto 6 - Decibélmetro, cerca do terreno e trevo da Rod. SP 147 ao fundo.

Ponto 2 - Rod. SP 147 km 134.

O ponto 2 localiza-se próximo ao limite da propriedade, no extremo leste, defronte a Rodovia SP 147, km 134 e estrada em terra que margeia a propriedade em tela e propriedade vizinha. Na propriedade vizinha, há imóvel a cerca de 100 m do limite que pode ter uso residencial. No terreno vizinho havia maquinário e caminhões utilizados em obras civis, inoperantes no momento da medição.

Durante as medições se observou que o movimento de veículos na rodovia era relativamente baixo. Na estrada em terra, houve tráfego de maquinário de obras civis voltados à manutenção da mesma.

Ponto 2	L_{eq} dB (A) diurno	Hora
Medição	59,6	13:12 a 13:27
NCA	40,0	Na

Tabela 25: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 2)

Os níveis de ruído monitorados no Ponto 2 (Tabela 25) estão acima do limite legal aplicável. Nas Fotos 7 e 8 pode-se visualizar o decibelímetro sendo utilizado.



Foto 7 - Decibelímetro próximo a cerca na quina do terreno.



Foto 8 - Vista do terreno vizinho e estrada de terra.

Ponto 3 - Fundos a leste.

O ponto 3 localiza-se nos fundos do terreno, no extremo leste da propriedade. Este ponto marca o limite entre a área utilizada para o plantio de cana-de-açúcar e a mata, tendo declividade mais acentuada e cota cerca de 30 m mais baixa que os pontos próximos a rodovia. Este ponto está relativamente próximo ao rio Piracicaba Durante a medição não se observou ruído distinguível de origem antrópica. Os níveis de ruído monitorados no Ponto 3 (Tabela 26) estão ligeiramente acima do limite legal aplicável. Nas Fotos 9 e 10 pode-se visualizar o decibelímetro sendo utilizado.

Ponto 3	L_{eq} dB (A) diurno	Hora
Medição	40,6	13:53 a 14:08
NCA	40,0	Na

Tabela 26: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 3)



Foto 9 - Decibelímetro na borda de mata. Vista sentido rio Piracicaba.



Foto 10 - Decibelímetro e cana-de-açúcar. Vista sentido rodovia.

Ponto 4 - Fundos a oeste.

O ponto 4 localiza-se nos fundos do terreno, no extremo oeste da propriedade. Este ponto está entre área utilizada para o plantio de cana-de-açúcar e pequena área de mata. A declividade no mesmo é mais acentuada e cota cerca de 30 m mais baixa que os pontos próximos a rodovia. Este ponto está relativamente próximo ao rio Piracicaba

Durante a medição ocorreu colheita de cana-de-açúcar a cerca de 600 m de distância (uma única máquina). Não foram identificados outros ruídos de origem antrópica neste ponto.

Ponto 4	L_{eq} dB (A) diurno	Hora
Medição	41,0	14:12 a 14:17
NCA	40,0	Na

Tabela 27: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas (Ponto 4)

Os níveis de ruído monitorados no Ponto 4 (estão ligeiramente acima do limite legal aplicável.



Foto 11 - Decibélímetro, mata ciliar ao fundo, terreno vizinho a direita com mato alto.



Foto 12 - . Decibelímetro, mata ao fundo separa local de operação da colheitadeira.

Ponto 5 - Fundos a oeste, próximo a colheitadeira de cana-de-açúcar.

O ponto 5 localiza-se próximo ao ponto 4, sendo deslocado cerca de 200 m visando maior proximidade à colheitadeira de cana-de-açúcar.

Durante a medição ocorreu colheita de cana-de-açúcar através de uma única máquina.

Não foram identificados outros ruídos de origem antrópica neste ponto.

Ponto 5	L_{eq} dB (A) diurno	Hora
Medição	45,3	14:22 a 14:37
NCA	40,0	Na

Tabela 28: Nível de Critério Ambiental para sítios e fazendas

Os níveis de ruído monitorados no Ponto 5 (Tabela 28) estão acima do limite legal aplicável.



Foto 13 – Decibelímetro próximo a mata ciliar e rio Piracicaba ao fundo (Touceira de mata a esquerda delimita área onde operou a colheitadeira de cana-de-açúcar)

4.1.1.1.3. Avaliação

Os receptores do entorno do empreendimento tem seus níveis de ruído ligeiramente aumentados devido à contribuição da atividade agrícola no mesmo. Como toda a região do entorno são praticadas atividades agrícolas, esta geração de ruídos é similar em toda a área. Por outro lado, a Rodovia SP 147 se destaca, nitidamente, como a maior fonte de ruídos na área, o que foi demonstrado pelo fato dos níveis de ruído nos Pontos 1 e 2, próximos a rodovia, serem significativamente superiores aos dos demais.

Como há poucos imóveis no entorno com a possibilidade de servir como moradia, destacando-se o que está próximo ao Ponto 2, há poucos receptores a serem potencialmente impactados pelo empreendimento proposto, principalmente no período noturno. A Rod. SP 147 se apresenta com o maior potencial de impacto aos níveis de ruído na região, diuturnamente.

4.1.2. Meio biótico

Para essa variável ambiental os estudos são elaborados considerando o enfoque regional e local, bem como estabelecido o limite de sua abrangência. São avaliados os ecossistemas de interesse, em função do diagnóstico da região.

✓ Vegetação

Foram desenvolvidos estudos referentes à caracterização da cobertura vegetal nas diversas áreas de influência do empreendimento, com a descrição das fitofisionomias, da condição de conservação dos fragmentos florestais remanescentes e a fauna associada. Sendo feita a descrição dos métodos de diagnóstico do levantamento florístico e classificação sucessional, com a definição das áreas avaliadas, descrevendo particularidades e contexto ambiental do entorno.

Essa etapa do diagnóstico é acompanhada de registros fotográficos e avaliação do estágio sucessional. Nessa etapa é elaborado um inventário contendo uma listagem das espécies identificadas e os respectivos fragmentos de ocorrência, com avaliação. Foram investigadas e mapeadas as unidades de conservação da região de influência do empreendimento, bem como identificada a ocorrência de Áreas de Proteção Ambiental – APAs.

Do mesmo modo, as Áreas de Preservação Permanente - APPs foram localizadas e descritas no estudo ambiental, acompanhadas de seu mapeamento em escala compatível a interpretação. Mapeamento das diferentes formações vegetais e estágios sucessionais existentes na Área de Influência Direta adotada, de acordo com a legislação vigente e escala compatível (Decreto Federal nº 750/1993, Resolução CONAMA nº1/1994, Resolução Conjunta SMA/IBAMA/SP-1 de 1994, Resolução Conjunta SMA/IBAMA/SP-2 de 1994), em escala 1:2.000;

Mapeamento das áreas de preservação permanente, segundo a legislação vigente (Código Florestal Lei Federal nº 4.771/65 alterada pela Lei nº7.803/89 e Resolução CONAMA nº302/2002);

Descrição fitofisionômica e da composição florística dos diferentes estratos integrantes das formações naturais (herbáceo, arbustivo e arbóreo).

Para tanto, os principais procedimentos seguidos foram:

- a) Enquadramento da cobertura vegetal primitiva, segundo as fontes oficiais – Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1993) e legislação vigente;
- b) Levantamento de dados secundários;
- c) Levantamento das unidades de conservação existentes num raio de 10 km, com base em dados secundários;
- d) Aquisição de fotografias aéreas recentes, em escala compatível, da AID (ex.: 1:10.000) e ADA (ex.: 1:5.000);
- e) Mapeamento da cobertura vegetal segundo os estágios sucessionais previstos em lei (pioneiro, inicial, médio e avançado);
- f) Levantamentos de campo: fitofisionômico, florístico e amostragem fitossociológica.

✓ Fauna

Para o levantamento da fauna, foram definidos os métodos de diagnóstico para a fauna terrestre e aquática (aves, mamíferos, répteis, anfíbios e ictiofauna). Para a caracterização da fauna foi elaborado um inventário com a apresentação do tipo de uso das espécies faunísticas em seus respectivos habitats.

Feito o levantamento da avifauna, de forma a avaliar a qualidade ambiental através da bioindicação. Com base no resultado da identificação de espécies da fauna foi feita a sua relação com as listagens oficiais de espécies sob ameaça de extinção e espécies com potencial para utilização como bioindicadores da qualidade ambiental.

✓ **Áreas de Preservação Permanente existente no local**

Identificação das áreas definidas como de preservação permanente existentes dentro da gleba proposta para implantação do empreendimento, embasada nas diretrizes estabelecidas no Código Florestal e demais instrumentos legais e normativos pertinentes e incidentes, consubstanciados em mapa em escala adequada.

✓ **Vetores presentes na região**

Levantamento de vetores e animais indesejáveis presentes na região de influência direta e de interferência do empreendimento. Visto que o empreendimento proposto é uma atividade voltada ao saneamento, foi realizado um diagnóstico sobre a situação da saúde na área de influência. Foi realizado o levantamento dessas informações junto aos postos de saúde e, com obtenção de dados estatísticos, verificando a situação atual da população da região de influência com relação a esse aspecto. Entre as informações coletadas estão: coeficiente de mortalidade geral e infantil, de mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias (aquelas que tenham relação com falta de saneamento básico) entre outras.

Por fim será apresentada a caracterização dos assentamentos mais próximos do empreendimento, indicando as condições habitacionais, observando as variações culturais e tecnológicas na configuração das habitações e assentamentos, relacionando-as com a vulnerabilidade a vetores e doenças de modo geral; abastecimento de água e energia; rede de esgoto e coleta de lixo; serviços de transporte; dentre outros aspectos.

4.1.2.1.1. Antecedentes em nível regional

A colonização do Estado de São Paulo consolidou-se por volta do século XIX, com a expansão da cultura de café e, mais recentemente, com a cultura da cana-de-açúcar, causando um dramático declínio na sua área de cobertura vegetal natural. Hoje, a maior parte das matas naturais do Estado encontra-se nas regiões montanhosas a Leste. No interior, encontram-se pequenas áreas de cerrado (campo limpo, campo cerrado, cerrado stricto sensu e cerradão) localizadas, principalmente, sobre solos

pobres, impróprios para cultivos intensivos (Borgonovi & Chiarini, 1965). Remanescentes isolados de florestas mesófilas originais e de matas ripárias podem ser encontrados nas escassas reservas florestais do Estado ou particulares. Das florestas mesófilas, encontram-se trechos que sofrem vários tipos de perturbações, estando em estágios diferentes de sucessão, principalmente na forma de pequenos “capões”.

Ainda é uma questão discutível se a cobertura vegetal primitiva do Estado seria predominantemente de matas ou campos. Alguns autores (Ab’Saber, 1970; Troppmair, 1969 e; Vitor, 1975) sugeriram que a maior parte do Estado fosse coberta por matas tropicais, existindo pequenas áreas de cerrado lato sensu e matas subtropicais (pinhais). Edwall (1905) afirmou que a maior parte da vegetação arbórea que recobria os divisores de água mais largos do Oeste paulista eram os cerradões, enquanto, ao longo dos cursos dos rios e em relevos mais acidentados, encontrava-se aquilo que ele definia como matas serranas do interior.

Um levantamento por fotointerpretação, efetuado por técnicos do Instituto Florestal e do Instituto Agrônomo de Campinas (Serra Filho et al., 1974) revelou que apenas 8,33% da área do Estado estava coberta por matas e 4,99% por capoeiras, sendo que a maior parte dessa vegetação encontra-se na Serra do Mar e adjacências. Destes totais, a sub-região que engloba os municípios de Campinas, Piracicaba, Rio Claro, Limeira, São João da Boa Vista e Casa Branca, contribui com 1,90% da área coberta por capoeira. Para as modalidades de cerradão e campo cerrado, os valores em percentagem foram insignificantes. Cabe ressaltar que a cobertura vegetal natural ainda vem se reduzindo drasticamente.

Além da literatura taxonômica, florística e fitogeográfica ser escassa e incompleta, são raros os dados ecológicos quantitativos sobre as florestas paulistas. Salienta-se que a vegetação do Estado de São Paulo começou a ser estudada mais profundamente com os trabalhos de extinta comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, que realizou muitas excursões de coleta de material botânico por regiões inexploradas. Entre outros, destaca-se o trabalho de Löefgren (1896), um dos botânicos da mesma

comissão, o qual contém muitas informações valiosas sobre a flora paulista, incluindo uma descrição pioneira e talvez única, até hoje, dos diversos estágios de sucessão vegetal, ocorrentes nas diversas formações vegetais paulistas.

Depois dos trabalhos da Comissão Geográfica, passou-se por uma fase de quase nulidade de trabalhos botânicos até os primeiros trabalhos de F.C. Höehne, M. Kuhlmann e A. Kuln, que representam uma boa parcela dos trabalhos de levantamentos florísticos, descrições fitofisionômicas e taxonomia para o Estado. Depois destes, só muito recentemente tem-se retomado o estudo da flora paulista.

Atualmente, muitos pesquisadores dos departamentos de botânica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e da Universidade do Estado de São Paulo (UNESP) de Rio Claro, principalmente, vêm se dedicando a estudos florísticos e fitossociológicos da vegetação remanescente, numa tentativa de determinar qual a composição florística original decorrente, bem como, determinar as causas da sua variação regional e suas rotas de migração. Devemos lembrar, ainda, o Instituto de Botânica e o Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que também vêm se dedicando ao estudo da flora paulista, notadamente das formações vegetais das encostas atlânticas.

Com relação a levantamentos em nível estadual, destaca-se o Programa de Fiscalização Permanente da Vegetação Natural por Satélite - Programa Olho Verde, conduzido pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais - DEPRN, unidade da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, desde agosto de 1990, possibilitando a geração, a cada 16 dias, de mapas temáticos de vegetação na escala 1:50.000.

Alguns trabalhos foram publicados (Oliveira e Souza, 1977; Gibbs & Leitão Filho, 1978; Martins, 1979; Matthes, 1980; Silva, 1980; Assumpção et al., 1982; Cavassan, 1983; Gibbs et al., 1983; Mantovani, 1983; Bertoni, 1984; Pagano, 1985; Struffaldi de Vuono, 1985; Rodrigues, 1986; Casteliani, 1986; Rossi, 1987; Torres, 1989; Meira Neto et al., 1989; Grombone et al., 1989) e outros estão em andamento.

4.1.2.1.2. *Localização fitogeográfica*

O reconhecimento da fitogeografia paulista, bem como a do Brasil num âmbito geral, teve sua origem nas viagens de naturalistas europeus que observaram as formações vegetais e as descreveram.

Daqueles pesquisadores destacou-se Wettstein que, entre outras contribuições, esboçou uma classificação fitogeográfica contendo cinco grandes grupos de vegetação existentes no Estado de São Paulo. De acordo com esta classificação, a região em estudo, área de influência indireta, de coordenadas 22°41'S - 22°39'S e 47°33' - 47°34'W, é representante da floresta pluvial subtropical com forte contato com áreas típicas de savanas (cerrados).

No entanto, terminologias diversas denominaram as formações vegetais do interior paulista, tais como “matas pluviais do interior”, “floresta latifoliada semidecidual tropical”, “floresta estacional subcaducifólia”, “floresta latifoliada tropical”, entre outras.

Esta diversidade na nomenclatura é atribuída a vários estudiosos, em razão das naturais dificuldades que encontram na delimitação mais precisa de cada tipo de vegetação, além das divergências de conceituação proposta para cada um daqueles tipos.

Presentemente, pode-se caracterizar a área em estudo, do ponto de vista fitogeográfico, como sendo pertencente a uma área de tensão ecológica, onde tem-se a “floresta mesófila semidecidual” ou “floresta estacional semidecidual” em contato acentuado com as formações típicas de “savana ou cerrado”.

4.1.2.1.3. Situação atual da vegetação e flora terrestre

Em análise a imagens de satélite existentes para a região em estudo, verificou-se que a área estudada e seu entorno, apresentam poucas manchas de vegetação natural (área de influência direta e área de influência indireta), como pode ser visto na Figura 57. Esta situação foi confirmada através da realização de levantamentos de campo da área em estudo e no entorno do empreendimento.

Em função desse perfil, definiu-se a área de influência direta e a área diretamente afetada como coincidentes para efeito do diagnóstico da vegetação e flora terrestre.

A principal característica dessas áreas e seu entorno, refere-se à ocupação quase que total pela cultura de cana-de-açúcar.



Legenda: - limites da propriedade
 - limites da área de influência indireta (AII)

Figura 57: Imagem aérea apresentando a área em estudo e seu entorno

4.1.2.2. Fauna Terrestre

4.1.2.2.1. Considerações Gerais

A partir de meados do século passado, a expansão das culturas de cana-de-açúcar e café no Estado de São Paulo e a colonização de seu interior levaram a um grande aumento no ritmo do desmatamento, fazendo com que as paisagens e as fisionomias naturais, como o cerrado e a floresta estacional semidecidual, existentes na região, sofressem modificações, reduções e fragmentações de forma drástica

Este fato acarretou a descaracterização da fauna, diminuição de suas populações e extinções locais. Alguns grupos resistem nos escassos fragmentos existentes, na maioria das vezes isolados por plantações e rodovias.

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados primários acerca da fauna ocorrente na área do projeto do CGR Oásis, localizado no município de Piracicaba, com ênfase no grupo das aves, pelo fato de serem indicadores mais sensíveis da qualidade da biota local.

4.1.2.2.2. *Localização Zoogeográficas*

Utilizando – se a classificação de Cabrera & Williank (1973), pode se dizer que a área em estudo localiza se na denominada Província Paranaense que, por sua vez, encontra se inserida no chamado Domínio Amazônico que, do ponto de vista zoológico, é o domínio mais ricos em formas e endemismos , abrangendo amaior parte da América do Sul e parte da America Central.

A Província Paranaense compreende, em território brasileiro, a metade setentrional do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, grande de parte de São Paulo, regiões no sul de Minas Gerais, alem do extremo sul da Bahia em sua porção ocidental.

A fauna dessa província é caracterizada por Cabrera &Willink (1973) como subtropical, com alguns elementos andino-patagônicos.

4.1.2.3. Metodologia

Os trabalhos de campo foram realizados de 22 a 26 de maio de 2008. As observações foram feitas sempre nos períodos da manhã, entre 5:30 e 10:00, e à tarde, entre 14:00 e 18:30. Não foram realizadas observações noturnas.

Para a amostragem das aves, foi realizado o método de observação direta, utilizando-se um binóculo Pentax 8 x 40, e gravação das vocalizações, com um gravador Panasonic RQ - L31 e microfone direcional Yoga HT – 81. Os registros sonoros foram comparados com guias sonoros existentes e arquivos sonoros particulares do pesquisador responsável.

Para a identificação das espécies, foram utilizados os trabalhos de Develey e Endrigo (2004), Sick (1997), Sigrist (2006; 2007), Souza (1998), Willis (1979) e Willis & Oniki (2003).

O registro dos mamíferos se deu principalmente através de relatos de trabalhadores e moradores da área de entorno. Uma listagem atual das espécies ocorrentes no campus da ESALQ foi obtida através da dissertação de Gheler-Costa (2002).

4.1.2.4. Situação da Fauna na Área de Influência Direta (AID)

É composta basicamente por monocultura de cana-de-açúcar, com uma estreita faixa de mata ciliar, mais ou menos irregular, que acompanha o rio Piracicaba e circunda algumas nascentes, apresentando elevado efeito de borda e sofrendo grande pressão pelo capim colônio existente (Foto 14 e 15).



Foto 14. Vista da Área de Influência Direta (AID). Ao centro onde já houve o corte de cana, à direita monocultura de cana-de-açúcar e à esquerda a mata ciliar do Rio Piracicaba.



Foto 15. Vista da AID. Destaque no efeito de borda na vegetação da mata ciliar do Rio Piracicaba.

Confirmado através de levantamentos no campo, a área de influencia/intervenção direta e seu entorno encontra-se totalmente revestida pela cultura de açúcar, propiciando um habitat com características muito pobres para a ocorrência da fauna terrestre.

As amostragens ocorreram em três pontos principais:

Ponto 1 (P1): Percurso da mata ciliar do rio Piracicaba, incluindo sua borda, voltada para o canal, localizada na AID. Utilizado para a observação de aves de borda de mata ou que ocupam o interior do fragmento.

Ponto 2 (P2): Ponto fixo localizado na AID, situado na margem do rio Piracicaba. Utilizado para a observação direta das aves aquáticas.

Ponto 3 (P3): Áreas abertas - locais onde há a predominância de cana-de-açúcar ou já foi realizada a colheita da cana, incluindo a AID e ADA e trechos em que há a predominância de capim colonião. Utilizado para a observação direta de aves de áreas abertas ou tolerantes às alterações ambientais provenientes de atividades humanas (espécies sinantrópicas).

4.1.2.5. Resultados e discussão

- **Mamíferos**

Um total de 20 espécies de mamíferos são aqui listados para a área de estudo (Tabela 29). No levantamento da mastofauna, os dados aqui apresentados referem-se principalmente a relatos obtidos com os moradores da área de entorno, bibliografia e encontro ocasional de vestígios.

Ordem	Família	Espécie	Nome Popular	T.R.
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	gambá-de-orelha-branca	en, 1
		<i>Lutreolina crassicaudata</i> Desmarest, 1804	cuíca-graciosa	1

Pilosa	Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i> Schinz, 1825	preguiça-de-três-dedos	en, 1
---------------	---------------------	---	------------------------	-------

Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	tatu-galinha	en, 1
------------------	--------------------	--	--------------	-------

Carnivora	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> Linnaeus, 1766	cachorro-do-mato	en, 1
	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> Linnaeus, 1758	jaguaritica	en

		<i>Puma concolor</i> Linnaeus, 1771	onça-parda	en, fot
	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i> Linnaeus, 1766	coati	en, 1

Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama gouazoubira</i> Fischer, 1814	veado-catingueiro	en, 1
---------------------	-----------------	---	-------------------	-------

Tabela 29: Listagem dos mamíferos registrados para a área de estudo e seu entorno.

Legenda: T.R. = Tipo de Registro; en = entrevista; 1 = Gheler-Costa, 2002; fot = fotografia; ves (vestígios) = fezes ou pegadas; ex = espécie exótica.

Ordem	Família	Espécie	Nome Popular	T.R.
Primates	Atelidae	<i>Alouatta guariba clamitans</i> (Humboldt, 1812)	bugio	en
	Callithrichidae	<i>Callithrix jacchus</i> Linnaeus, 1758	sagüi-de-tufos- brancos	en, 1

Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> Linnaeus, 1758	tapiti	1
		<i>Lepus</i> spp.	lebre-europeia	1,ex

Rodentia	Caviidae	<i>Cavia fulgida</i> Wagler, 1831	preá	1
	Hydrochaeridae	<i>Hydrochoeris hydrochaeris</i> Linnaeus, 1766	capivara	en, 1, ves
	Cricetidae	<i>Oligoryzomys nigripes</i> Olfers, 1818	rato-silvestre	1
		<i>Calomys tener</i> (Winge, 1888)	rato-silvestre	1
	Muridae	<i>Rattus rattus</i> Linnaeus, 1758	rato	1
	Erethizontidae	<i>Sphigurus villosus</i> (F. Cuvier, 1823)	ouriço-cacheiro	1
	Myocastoridae	<i>Myocastor coypus</i> Molina, 1782	ratão-do- banhado	en, 1

Tabela 29 – cont - Listagem dos mamíferos registrados para a área de estudo e seu entorno

Legenda: T.R. = Tipo de Registro; en = entrevista; 1 = Gheler-Costa, 2002; fot = fotografia; ves (vestígios) = fezes ou pegadas; ex = espécie exótica.

Das espécies registradas, três encontram-se ameaçadas de extinção para o Estado em algum grau.

A onça-parda (*Puma concolor*), que se encontra ameaçada na categoria de Vulnerável nas listas da IUCN (2007), IBAMA e do Estado de São Paulo (São Paulo, 1998).

A jaguatirica (*Leopardus pardalis*), registrada por meio de entrevistas, encontra-se na lista de espécies ameaçadas de extinção do IBAMA, na categoria Vulnerável. E, por fim, o bugio (*Allouata guariba clamitans*), registrado também através de entrevistas, consta na listagem estadual (São Paulo, 1998), na categoria Vulnerável.

A capivara (*Hydrochoeris hydrochaeris*) foi único mamífero registrado em campo através de suas fezes, em diversos pontos, sempre próximos ao rio Piracicaba.

▪ Répteis

Desta classe, composta por quatro ordens, a mais importante para a região estudada é a que agrupa as espécies representadas por lagartos e cobras (ordem Squamata).

Entre os lagartos ocorrentes em amplas regiões do país ou de distribuição contínua, tem-se *Ainphisbaena alba* que é um lagarto subterrâneo ápodo.

Outros que também pertencem a este grupo são:

- *Ainphisbaena fuliginosa*
- *Tropidurus torquatus*
- Ameiva ameiva

Dentre as cobras, tem-se na região principalmente as apresentadas na Tabela 30.

Nome Científico	Nome Regional
Spilotus pullatus	Caninana
Crotalus terrificus	Cascavel
Siphonops sp.	Cobra cega
Micrurus spp.	Coral
Bothrops coatiara	Cotiara
Bothrops jararaca	Jararaca
Bothrops jararacussu	Jararacuçu
Ophiodes striatus	Quebra-quebra

Tabela 30: Listagem de cobras registradas na área e entorno

- **Aves**

Durante os trabalhos de campo foram registradas 111 espécies de aves distribuídas em 18 ordens e 44 famílias (Tabela 31). Nenhuma espécie de ave registrada em campo para este estudo consta na lista oficial de animais ameaçados do IBAMA ou da IUCN.

Em relação ao esforço amostral para o grupo, um total de 45 horas foi empregado durante os cinco dias de observações no campo (Figura 58).

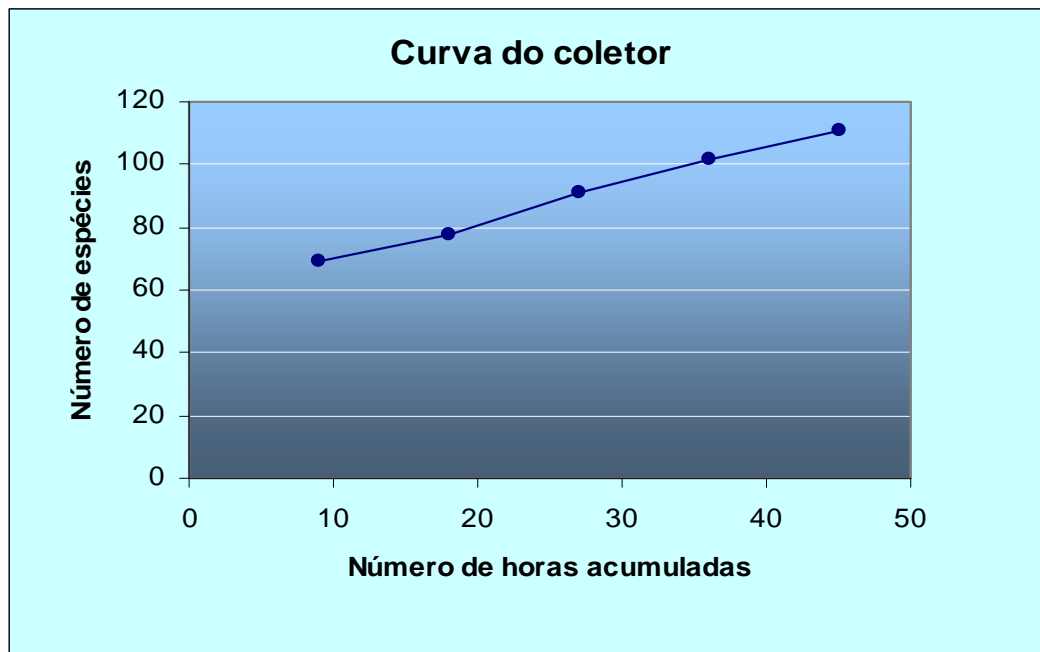


Figura 58: Curva de acumulação de espécies em relação ao número de horas de amostragem na área estudada.

A curva do coletor ainda não apresenta uma tendência à estabilização, o que pode indicar que o número de espécies ainda deve aumentar com novas observações no campo. Sobretudo se estas forem realizadas em meses mais propícios à observação de aves, em virtude da época reprodutiva, como outubro e novembro (para informações sobre a biologia das espécies ver Sick, 1997; Sigrist, 2007).

Segundo Stotz et al. (1996), dentre o total de espécies registradas no presente estudo, duas apresentam alta sensibilidade a alterações ambientais e 20 apresentam média sensibilidade a estas mesmas alterações (Tabela 31).

Na ADA, poucas espécies foram registradas, destacando-se animais bastante tolerantes a alterações paisagísticas e ambientais, como o anu-branco (*Guiraca guiraca*), o anu-preto (*Crotophaga ani*), o quero-quero (*Vanellus chilensis*), o caracará (*Caracara plancus*), o pombão (*Patagioenas picazurro*), a rolinha-roxa (*Columbina talpacoti*) e um grande número de indivíduos do urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*).

Já nas áreas abertas, onde predomina o capim-colonião e outras gramíneas com pequenos fragmentos florestais esparsos, foram registradas espécies de aves típicas desse ambiente, como o coleirinho (*Sporophila caerulescens*), que costuma ser ilegalmente capturado e comercializado como “passarinho de gaiola”, o caminheiro-zumbidor (*Anthus lutescens*), o tico-tico-do-mato (*Ammodramus humeralis*), o canário-do-campo (*Emberizioides herbicola*), o bico-de-lacre (*Estrilda astrild*), o tiziu (*Volatinia jacarina*) e a seriema (*Cariama cristata*). Esta última, endêmica do Cerrado, e que apresenta média sensibilidade à fragmentação e destruição deste bioma (Stotz et al., 1996).

Na borda da mata ciliar do rio Piracicaba e no seu interior (AID), destacam-se os registros do inhambú-chororó (*Crypturellus parvirostris*), que costuma ser ilegalmente caçado para servir de alimento ao homem (ave cinegética), o uru (*Odontophorus capueira*) que apresenta alta sensibilidade a alterações ambientais, a juriti-gemeadeira (*Leptotila rufaxilla*) e o tucanuçu (*Ramphastos toco*), ambos apresentando média sensibilidade a alterações ambientais.

Também podem ser destacadas outras espécies sensíveis observadas na mesma área, como o chororozinho-de-asa-vermelha (*Herpsilochmus rufimarginatus*), o choquinha-lisa (*Dysthamnus mentalis*), o arapaçu-do-cerrado (*Lepidocolaptes angustirostris*), o arapaçu-verde (*Sittasomus griseicapillus*), o barranqueiro-de-olho-branco (*Automolus leucophthalmus*), o tico-tico-de-bico-amarelo (*Arremon flavirostris*), o pula-pula-de-barriga-branca (*Basileuterus hypoleucus*) e o canário-do-mato (*Basileuterus flaveolus*), estes dois últimos típicos do bioma de Cerrado.

Para a margem do rio Piracicaba (AID), foram registradas diversas aves que dependem de ambientes aquáticos, como o pé-vermelho (*Amazonetta brasiliensis*), a biguatinga (*Anhinga anhinga*), o corocoró (*Mesembrinibis cayennensis*), a saracur-sanã (*Pardirallus nigricans*) e saracura-do-mato (*Aramides saracura*).

A avifauna levantada na área do estudo convive com a condição de fragmentação de diferentes habitats e seu uso para a agricultura há muitas décadas, e é composta em grande parte por espécies que toleram este tipo de ação antrópica.

Ainda assim, a região apresenta uma riqueza considerável, levando-se em conta a época do ano desfavorável e o elevado grau de alteração e perturbação da paisagem da região. Possivelmente, muitas das populações de espécies aqui registradas encontram-se suprimidas e restritas principalmente à mata ciliar do rio Piracicaba e aos poucos fragmentos florestais adjacentes. É provável que as espécies mais exigentes possam já ter desaparecido da região pela ausência de habitat adequado.

Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007).

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Tinamiformes							
Tinamidae							
<i>Crypturellus parvirostris</i>	inhambu-chororó	VOC	CE, MA, MB	X			B
Anseriformes							
Anatidae							
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	pé-vermelho	OBS	MB, AL		X		B

Tabela – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Tabela 31: Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Galliformes							
Odontophoridae							
<i>Odontophorus capueira</i>	uru	VOC	CE, MA, MB	X			A
Pelecaniformes							
Phalacrocoracidae							
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá	OBS, VOC, SOB	MB		X		B
Anhingidae							
<i>Anhinga anhinga</i>	biguatinga	OBS	AL		X		M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Ciconiiformes							
Ardeidae							
<i>Nycticorax nycticorax</i>	savacu	OBS	CE, MA, MB, AL		X		B
<i>Butorides striata</i>	socozinho	OBS	CE, MA, MB, AL		X		B
<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura	OBS	CE, MA, MB, AL		X		B
<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande	OBS	CE, MA, MB, AL		X		B
<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena	OBS	CE, MA, MB, AL		X		B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Threskiornithidae							
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró	OBS, VOC, GRA	AL		X		M
Cathartiformes							
Cathartidae							
<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha	OBS, SOB	CE, MA, MB	X	X	X	B
<i>Coragyps atratus</i>	urubu-de-cabeça-preta	OBS, SOB	AA, CE, MA, MB	X	X	X	B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Falconiformes							
Accipitridae							
<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo	OBS	C, CE, MA, MB, P	X			B
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, P	X	X		B
Falconidae							
<i>Caracara plancus</i>	caracará	OBS, SOB	C, CE, MA, MB, AA, P	X	X	X	B
<i>Milvago chimachima</i>	carrapateiro	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, P	X	X		B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Gruiformes							
Rallidae							
<i>Aramides saracura</i>	saracura-do-mato	OBS, VOC	MA, MB, AL	X	X		M
<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã	OBS,VOC	MB, AL		X		A
<i>Gallinula chloropus</i>	frango-d'água-comum	OBS	MB, AL		X		B
Cariamidae							
<i>Cariama cristata</i>	seriema	VOC	C, CE, P			X	M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Charadriiformes							
Charadriidae							
<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero	OBS, VOC	AA, C, P	X	X	X	B
Jacanidae							
<i>Jacana jacana</i>	jaçanã	OBS	MB, AL		X		B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Columbiformes							
Columbidae							
<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa	OBS	C, AA, P	X	X	X	B
<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão	OBS, VOC	C, AA, P	X	X	X	B
<i>Zenaida auriculata</i>	pomba-de-bando	OBS	C, CE, AA, P		X	X	B
<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti-gemeadeira	VOC	CE, MA, MB	X			M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Psittaciformes							
Psittacidae							
<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim	OBS, VOC	AA, CE, MA, MB	X	X		B
<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo	OBS, VOC	CE, MA, MB	X	X		M
<i>Aratinga leucophthalma</i>	periquitão-maracanã	OBS, VOC, SOB	CE, MA, MB	X	X		B
<i>Pionus maximiliani</i>	maitaca-verde	OBS, VOC, SOB	CE, MA, MB	X	X	X	M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Cuculiformes							
Cuculidae							
<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato	OBS	AA, CE, MA, BM	X			B
<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto	OBS, VOC	C, AA, P	X	X	X	B
<i>Guira guira</i>	anu-branco	OBS, VOC	C, AA, P	X	X	X	B
<i>Tapera naevia</i>	saci	VOC	CE, MA, MB	X	X		B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Strigiformes							
Strigidae							
<i>Megascops choliba</i>	corujinha-do-mato	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			B
<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira	OBS	C, AA, P			X	B
Caprimulgiformes							
Caprimulgidae							
<i>Nyctidromus albicollis</i>	bacurau	OBS, VOC	C, P, CE, MA			X	B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Apodiformes							
Apodidae							
<i>Chaetura meridionalis</i>	andorinhão-do-temporal	OBS, SOB	CE, MA, MB	X	X	X	B
Trochilidae							
<i>Phaethornis pretrei</i>	rabo-branco-acanelado	OBS	CE, MA, MB	X			B
<i>Colibri serrirostris</i>	beija-flor-de-orelha-violeta	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			B
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	OBS	AA, CE, MA, MB	X	X	X	B
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vemelho	OBS, VOC	CE, MA, MB	X	X		B
<i>Amazilia lactea</i>	beija-flor-de-peito-azul	OBS	CE, MA, MB	X	X		B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Coraciiformes							
Alcedinidae							
<i>Ceryle torquatus</i>	martim-pescador-grande	OBS	MB, AL		X		B
<i>Chloroceryle amazona</i>	martim-pescador-verde	OBS	MB, AL		X		B
Piciformes							
Ramphastidae							
<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu	OBS, VOC	C, CE, MA, MB	X	X		M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Picidae							
<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			B
<i>Melanerpes candidus</i>	birro, pica-pau-branco	OBS, VOC	C, CE, AA, MA	X	X	X	B
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	OBS, VOC	C, P, AA			X	B
<i>Veniliornis spilogaster</i>	picapauzinho-verde-carijó	OBS, VOC	MA, MB	X			M
<i>Celeus flavescens</i>	pica-pau-de-cabeça-amarela	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			M
<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			B

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Passeriformes							
Thamnophilidae							
<i>Taraba major</i>	choró-boi	OBS	MA, MB	X			B
<i>Hepsilochmus rufimarginatus</i>	chorozinho-de-asa-vermelha	OBS, VOC	MA, MB	X			M
<i>Dysithamnus mentalis</i>	choquinha-lisa	OBS, VOC	MA, MB	X			M
<i>Thamnophilus doliatus</i>	choca-barrada	OBS, VOC, GRA	MA, MB	X			B
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata	OBS, VOC	MA, MB	X			B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Dendrocolaptidae							
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	arapaçu-verde	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			M
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-de-cerrado	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			M
Furnariidae							
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro	OBS, VOC	C, CE, AA, P	X	X	X	B
<i>Automolus leucophthalmus</i>	barranqueiro-de-olho-branco	OBS, VOC	MA, MB	X			M
<i>Synallaxis spixi</i>	joão-teneném	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, P	X	X		B
Tyrannidae							

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Furnariidae							
<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	OBS, VOC, GRA	CE, MB	X	X		B
<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, AA	X	X		B
<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha	OBS, VOC	CE, MA, MB, AA	X			B
<i>Lathrotriccus euleri</i>	enferrujado	OBS,VOC	CE, MB, MB	X			M
<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho	VOC	MA, MB, AA, CE	X	X	X	B
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	OBS, VOC	MA, MB, AA, CE	X	X	X	B
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	OBS, VOC	MA, MB, AA, CE	X	X		B
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	VOC	MA, MB, AA, CE	X	X	X	B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Habitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Furnariidae							
<i>Colonia colonus</i>	viuvinha	OBS	MA, MB	X			
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	OBS, VOC	C, CE, MB, P	X	X		B
<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha	OBS	C, CE, MB, P	X	X		B
<i>Fluvicola nengeta</i>	lavadeira-mascarada	OBS			X		
<i>Myiarchus sp.</i>		OBS	CE, MA, MB	X	X		?
Tityridae							
<i>Shiffornis virescens</i>	flautim	OBS, VOC	MA, MB	X			M

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Vireonidae							
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari	OBS, VOC, GRA	MA, MB, CE, AA	X	X		B
Hirundinidae							
<i>Tachycineta albiventer</i>	andorinha-do-rio	OBS	MB, AL		X		B
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa	OBS, VOC	AA, C, CE, MA, MB, P	X	X	X	B
<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo	OBS	C, CE, MB	X			B
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	OBS	CE, MA, MB		X		B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Troglodytidae							
<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, AA, P	X	X	X	B
Turdidae							
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	OBS, VOC	CE, MA, MB	X			B
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	OBS, VOC	CE, MA, MB	X	X		B
Mimidae							
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo	OBS, VOC	C, CE, P, AA	X		X	B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Motacillidae							
<i>Anthus lutescens</i>	caminheiro-zumbidor	OBS, VOC	C, P			X	B
Coerebidae							
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	OBS	CE, MA, MB, AA	X	X	X	B

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Thraupidae							
<i>Thlypopsis sordida</i>	saí-canário	OBS, VOC	CE, MA, MB	X	X		B
<i>Ramphocelus carbo</i>	pipira-vermelha	OBS, VOC, GRA	CE, MA, MB	X	X		B
<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaçu-cinzento	OBS	CE, MA, MB, AA	X	X		B
<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaçu-do-coqueiro	OBS	CE, MA, MB, AA	X			B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Thraupidae							
<i>Conirostrum speciosum</i>	figuinha-de-rabo-castanho	OBS	CE, MA, MB	X			
<i>Tachyphonus coronatus</i>	pipira-preta	OBS	CE, MA, MB	X	X		B
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul	OBS	CE, MA, MB	X			B

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Emberizidae							
<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico	OBS	C, CE, MA, MB, P, AA	X	X	X	B
<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo	OBS, VOC	C, P	X		X	B
<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra-verdadeiro	OBS	C, CE, MA, MB, P	X		X	B
<i>Emberizoides herbicola</i>	canário-do-campo	OBS, VOC	C, CE, P			X	B
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	OBS, VOC	C, P, AA			X	B
<i>Sporophila caerulea</i>	coleirinho	OBS	C, P	X		X	B
<i>Arremon flavirostris</i>	tico-tico-de-bico-amarelo	OBS	MA, MB	X			M

Tabela 31– cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Hábitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Cardinalidae							
<i>Saltator similis</i>	trinca-ferro-verdadeiro	OBS, GRA	CE, MA, MB	X			B
Parulidae							
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	pia-cobra	OBS, VOC	CE, MA, MB	X		X	B
<i>Parula pitiayumi</i>	mariquita	OBS	CE, MA, MB	X			M
<i>Basileuterus hypoleucus</i>	pula-pula-de-barriga-branca	OBS, VOC	CE, MB	X	X		B
<i>Basileuterus flaveolus</i>	canário-do-mato	OBS, VOC	CE, MB	X	X		M

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Táxon	Nome Popular	Tipo de Registro	Habitats ocupados	P1	P2	P3	Sensibilidade a alterações Ambientais
Icteridae							
<i>Gnorimopsar chopi</i>	graúna	OBS, VOC	C, CE, MA, MB, P	X			B
Fringillidae							
<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim	VOC	CE, MA, MB	X			B
Estrildidae							
<i>Estrilda astrild</i>	bico-de-lacre	OBS, VOC	C, P			X	*
Passeridae							
<i>Passer domesticus</i>	pardal	OBS, VOC	AA			X	*

Tabela 31 – cont - Lista das aves registradas para a área de estudo durante o período de 22 a 26 de maio de 2008. A classificação segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2007)

Legenda:

Tipo de Registro: OBS: Observação; VOC: Vocalização; GRA: Gravação da vocalização; SOB: Animal observado sobrevoando o local.

Habitats ocupados: C: campos; CE: Cerrado; MA: Floresta Estacional Semi-decidual/Floresta Ombrófila Densa; MB: Mata ciliar; AL: Rios, várzeas ou brejos; P: Pastagens; AA: Áreas Antropizadas.

P1: Ponto 1, Mata ciliar do Rio Piracicaba incluindo sua borda, voltada para o canal.

P2: Ponto 2, Margem do Rio Piracicaba.

P3: Ponto 3, Áreas abertas: onde já foi realizada a colheita da cana, e trechos em que há a predominância de capim colonião.

Sensibilidade a alterações ambientais: A: Alta; M: Média; B: Baixa. Segundo Stotz *et al.*, 1996. O uso do ponto de interrogação (?) se refere aos casos em que não foi possível identificar a espécie.

- Espécies exóticas

4.1.2.6. *Ecossistema Aquático*

- **Ictiofauna**

A análise da comunidade ictiíca do ribeirão das Palmeiras, afluente do rio Piracicaba, revelou um diminuto número de espécies.

No período em que foi realizada a visita (agosto/1992) o nível do ribeirão estava baixo e a área de várzea, seca. O ribeirão das Palmeiras apresentava cerca de 1 a 2 metros de largura por 0,5 a 1,0 de profundidade. A região marginal do ribeirão das Palmeiras possuía uma rica vegetação e o fundo era areno-pedregoso.

As poucas espécies encontradas durante a visita foram: *Hypostomus regani*, *Corydoras aeneus* e *Phalloceros caudimaculatus*. Deve-se tomar muito cuidado com estes dados.

O fato de terem sido encontradas poucas espécies na área deve-se provavelmente ao fato de este ambiente ser ocupado por espécies ocasionais, raras e permanentes como é o caso das supracitadas e várias espécies ocasionais e raras podem não estar presentes nesta época do ano. Segundo Brown (1975) no período chuvoso os fatores abióticos apresentam tendência de aumento de temperatura, da velocidade da corrente, da vazão e do material em suspensão. O oxigênio dissolvido diminui, em função do aumento da temperatura e do material em suspensão. Há o aumento do número de espécies e, segundo Lowe-McConnell (1975), isso se dá em função da expansão do ambiente durante o período chuvoso propiciando um maior número de habitats.

Outro aspecto de máxima importância na área é a presença de várzeas .

As várzeas são áreas alagáveis que apresentam periodicamente flutuações do nível d'água e características próprias de solo, vegetação e fauna.

São áreas de transição que recebem grande influência de sistemas terrestres e aquáticos.

Tecnicamente áreas alagáveis referem-se a águas temporárias ou intermitentes, geralmente associadas a sistemas de rios, com dimensões variadas e formando um gradiente em áreas terrestres secas e áreas baixas próximas ao sistema lótico, sendo por estes inundadas (Mitch and Gosselink apud Tundisi, 1989).

Devido às suas características, como solo saturado de água durante certo período do ano, vegetação tolerante à inundação e fauna típica e diversificada, as várzeas podem ser classificadas como um sistema ecológico de transição, possuindo elevada biomassa vegetal.

Devido ao seu valor econômico, as várzeas têm sido protegidas por leis em diversos países, inclusive no Brasil. Não obstante, a sua importância só foi reconhecida somente há algumas décadas.

As várzeas são áreas alagadas nos períodos das cheias dos rios. E nesta época que as populações de peixes penetram nas áreas para alimentação e em alguns casos para reprodução. No período de seca há uma diminuição no nível da água e as populações de peixes acabam por abandonar temporariamente estes ambientes.

Vários são os autores que observaram que as várzeas têm um papel fundamental na densidade de organismos aquáticos em rios em que ela está presente (Junk, 1980 ; Wellcome, 1985 & Tundisi, 1989). As várzeas, por apresentarem uma elevada quantidade de habitats, permitem que uma grande quantidade de espécies ictiícas estejam presentes nestes ambientes. A várzea é portanto considerada "lar" de alimentação e reprodução de várias espécies Paleotropicais e Neotropicais.

Segundo Junk (1980), a interação íntima do meio ambiente aquático e terrestre é refletida na estrutura das cadeias tróficas. As macrófitas aquáticas servem como itens alimentares para várias espécies da ictiofauna. Existem várias espécies de peixes que são predominantemente herbívoras, como pode se observar nas famílias Anostomidae (Leporinus sp. e Schizodon) e Curimatidae (Cyphocharax sp.)

A várzea, por ser uma possível zona de deposição de nutrientes, apresenta, geralmente, maior concentração de organismos fitoplanctônicos e zooplanctônicos. Várias espécies de peixes preferencialmente planctófagos alimentam-se neste ambiente, como é o caso de *Astyanax fasciatus*, *Hyphessobrycon anisitsi*, *Odontostilbe notomelas* e *Phalloceros ceudimaculatus*. Segundo Junk (1980) estes ambientes têm papel decisivo na alimentação dos alevinos da maioria das espécies de peixes que são essencialmente planctófagos,

A visita à área nos permitiu identificar como uma área de várzea, porém, devido a esta ter sido realizada no inverno, a várzea estava descoberta. Poucas espécies foram encontradas no local como visto acima, porém, como a foz do ribeirão das Palmeiras dista aproximadamente 4 km da estação visitada, é muito provável que várias espécies do rio Piracicaba migrem para a área para se alimentar no período de cheia e a abandonem durante o período de estiagem.

Para Lowe-McConnell (1975), as listas de fauna podem ser muito extensas para corpos d'água como um todo, porém podem não refletir a composição das espécies que se repartem pelos diferentes biótopos existentes.

A composição diversificada das comunidades tropicais, especialmente em relação à fauna ictiica sofre a influência de uma série de fatores abióticos e bióticos, esses mais determinantes, tais como competição por alimentos e predação (Lowe-McConnell, 1975).

A autora observa ainda que as pressões seletivas atuam constantemente durante a vida dos organismos. Basicamente, os indivíduos devem obter recursos para a sua manutenção e crescimento em todos os estágios da sua vida, evitando serem destruídos por predadores, parasitas, doenças e outras causas.

Lowe-McConnell (1975) relata que muitas espécies repartem os mesmos tipos de alimentos, não somente aquelas com hábitos onívoros e facultativos, mas também as especialistas. A divisão de alimentos entre espécies simpátricas aparentemente contradiz o princípio de exclusão competitiva, ou

seja, a separação ecológica entre espécies estreitamente relacionadas à competição.

Embora as teias alimentares sejam muito complexas, elas podem ser baseadas apenas em poucas fontes de alimento.

Segundo Love-McConnell (1975), comparações entre as dietas de peixes procedentes de vários ambientes mostraram a importância da matéria vegetal alóctone como alimento de diversas espécies. Além disso a autora considera de enorme importância a presença de insetos terrestres e aquáticos na alimentação dos peixes. Por fim a autora chama a atenção para a importância do lodo e detritos do fundo como alimento para peixes especialistas em selecionar grandes quantidades desse material para obter os microorganismos nele contido.

Devemos ressaltar porém que o local já se encontra sob forte influência antrópica. Há apenas algumas dezenas de metros da várzea encontramos um extenso canal e à montante do ponto de amostragem o ribeirão das Palmeiras passa por uma área de pastagem. Estes fatores, portanto, podem já ter alterado a qualidade de água do local e se refletido na composição da ictiofauna. Na Tabela 32 são apresentadas as espécies ictílicas que podem ser achadas na Bacia do Rio Piracicaba.

	Família	Subfamília	Nome
Superordem Ostariophysi - Ordem Characiformes	Characidae	Acestrorhynchinae	Acestrorhynchus iacustris
		Characidiinae	Characidium fasciatus
		Cheivodontiriae	Odontostilbe britskii Odontostilbe notomelas Odontostilbe stenodon
		Tetragonopterinae	Astyanax bimaculatus Astyanax fasciatus astyanax Scabripinnis Bryconamericus stramineus Hyphessobrycon anisitsi Moenkhausia intermedia Piabina argentea
		Bryconinae	Brycon lundii
	Erythrinidae		Hoplias malabaricus
	Parodontidae		Apareiodon affinis Pareiodon piracicabae Parodon tortuosus
	ANOSTOMIDAE		Leporinus copelandi Leporinus elongatus Leporinus fridericii Leporinus obtusidens Schizodon nasutus
	Curimatidae		Cyphocharax elegans Steindachnerina insculpta

Tabela 32 - Lista das espécies Ictílicas do Rio Piracicaba

	Família	Subfamília	Espécie
Ordem Siluriformes - Subordem Gymnotoidei	Sternopygidae		Eigenmannia virescens
	Gymnotidae		Gymnotus carapó
- Subordem Siluroidei	Auchenipteridae		Glanidium riberoi
	Calichthyidae		Corydoras aeneus Hoplosternum littorale
	Loricariidae	Hypostominae	Hypostomus regani hypostomus sp.
		Loricariinae	Loricaria prolixa
		Neoplecostominae	Neoplecostomus paranensis
Pimelodidae		Cetopsorhamdia iheringi Piaelodus maculatus Rhamdia quelem Rhamdella sp	
Super Ordem Acanthopterygii - Ordem Perciformes	Cichlidae		Crenicichla britskii Crenicichla jaguarensis Geophagus brasiliensis Tilapia rendalli
- Ordem Atheriniformes	Poeciliidae		Phalloceros caudimaculatus Poecilia reticulata Poecilia vivípara

Tabela 32 - cont - Lista das espécies Ictilícas do Rio Piracicaba

* Segundo o registro da coleção de peixes do museu de zoologia da USP. Biologia das Espécies Existentes

Astyanax bimaculatus (lambari de rabo amarelo)

Esta espécie pode ser encontrada nas bacias dos rios Tietê, Paranapanema, Ribeira de Iguape, Piracicaba, entre outros. Caramaschi (1986) observou a presença de organismos principalmente em rios de fundo arenoso.

Suspeita-se que a *A. bimaculatus* suporte concentrações elevadas de compostos nitrogenados na água. Em trabalho realizado no lago do Parque Ecológico do Tietê, observou-se que a espécie tem capacidade de suportar teores de até 3,0 mg/l de nitrogênio total.

Astyanax fasciatus (lambari de rabo vermelho)

Espécie com ampla distribuição no Estado de São Paulo. Romanini (1989) capturou exemplares em estações de coleta no reservatório de Americana com concentrações de até 1,1 mg/l de nitrogênio total na água. O mesmo autor coletou exemplares em diferentes profundidades da superfície até 10 metros.

Astyanax scabripinnis (lambari)

Segundo a COMAM (1978), esta espécie é provavelmente onívora. Foram analisados estômagos de indivíduos do rio Paraná e constatou-se a presença de restos vegetais e insetos.

Caramaschi (1986) verificou que a espécie ocorreu sempre a meia água, formando cardumes. Para a autora, seu deslocamento se dá preferencialmente junto à margem sombreada dos riachos, próximo à vegetação marginal. Caramaschi (op. cit.) observou que estes organismos ocorrem preferencialmente em ambientes lênticos, com fundo arenoso ou pedregoso.

Bryconamericus stramineus (piquira)

Godoy (1975) registrou para *B. stramineus* do rio Mogi-Guaçú, São Paulo, uma grande quantidade de algas no conteúdo estomacal, além de larvas aquáticas e fragmentos de vegetais superiores.

Romanini (1989) observou em indivíduos da mesma espécie a presença dos seguintes itens alimentares: insetos, crustáceos, detritos, vegetais superiores, areia e ovos não identificados de organismos aquáticos.

Piabina argentea

Segundo Romanini (1989), este é uma espécie predominantemente onívora, alimenta-se basicamente de insetos, crustáceos, detritos, areia e vegetais superiores.

Godoy (1975) constatou que, como outros tetragonopterinae, a espécie preda a fase aquática de vários insetos que são responsáveis pela transmissão de parasitoses ao homem.

Caramaschi (1986) capturou exemplares na bacia do Tietê e de Paranapanema e constatou que a temperatura da água onde a *P. argentea* foi coletada variou entre 15 e 25°C.

Odontostilbe notomelas

Caramaschi (1986) observou a presença de indivíduos desta espécie principalmente em rios de 4º ordem. A largura média dos riachos onde estes exemplares foram capturados variou de 1 a 11 metros e a profundidade média onde eles foram coletados situou-se entre 0,2 e 1,0 metro. Estes animais foram encontrados em locais onde a temperatura da água variou de 12 a 25°C. Esta espécie foi coletada sempre em remansos, junto à vegetação marginal e na parte rasa das margens, entre vegetação enraizada e emergente.

Characidium fasciatum (canivete)

Caramaschi (1986) verificou que a espécie ocorreu em rios de todas as ordens de grandeza em que foi amostrada. A largura média dos rios variou de 1 a 11 metros, sendo a maior frequência registrada na classe de 1 a 3 metros. A profundidade média onde estes organismos foram coletados variou desde valores inferiores a 0,2 metro até 0,8 metro. Estes indivíduos foram encontrados com maior frequência em locais onde a velocidade da água do rio variava de 0,3 a 0,7 m/s. Os espécimes também eram encontrados de forma predominante em trechos de rios que possuíam fundo arenoso ou argiloso.

Hoplias malabaricus (traíra)

Segundo Paiva (1974), *H. malabaricus* prefere viver em ambientes lótico ou de pouca correnteza, nas margens ou em pequenas profundidades. O mesmo autor verifica que a capacidade migratória dos alevinos é muito grande, o que justifica a ampla distribuição da espécie.

H. malabaricus é uma espécie essencialmente ictiófaga e, segundo Paiva (op. cit.), a fase larval é planctófaga, sendo os alevinos fundamentalmente insetívoros e muito vorazes. Quando estes atingem o comprimento total de 100 mm, o que ocorre entre quatro e cinco meses de idade, começam a se alimentar de pequenos peixes. A partir de 16,0 cm, quando atingem a fase adulta, estes animais se alimentam essencialmente de peixes, camarões e, eventualmente, de insetos.

Romanini (1989) verificou que o hábito alimentar desta espécie foi essencialmente ictiófago, aparecendo outros itens alimentares como insetos, crustáceos, detritos, vegetais superiores e nemátoda.

Caramaschi (1986) verificou a presença da espécie em rios principalmente de 4° e 5° ordem. A largura média dos rios onde estes organismos foram capturados variou de 3 a 11 metros.

Apareidon affinis (canivete)

Segundo a COMAM (1978), esta é uma espécie iliófaga, mas alimenta-se também de algas perifíticas, isto é, que crescem sobre o substrato.

Apareiodon piracicabae (canivete)

Rosanini (1989) observou que a espécie apresenta es sua dieta principalmente detritos, algas, vegetais superiores e areia. Sazima (1980) observou o comportamento alimentar da espécie em laboratório e em campo e verificou que estes organismos se alimentam na região bentônica.

Parodon tortuosus (canivete)

Segundo Godoy (1975), esta espécie pode ser encontrada em ambientes de água corrente e de água parada. O mesmo autor verificou que esta espécie desova na época da piracema, entre novembro e janeiro.

Entre os itens alimentares que podem ser encontrados no tubo digestivo de espécimes de *Parodon tortuosus* estão as algas, detritos e restos de vegetais superiores.

Cyphocharax elegans (saguirú)

Segundo Britski (1972), os Curimatidae são peixes iliófagos, isto é, alimentam-se da vasa que se acumula no fundo dos lagos ou poças de rios, onde a água corre vagorosamente, são, portanto, espécies de ambientes lênticos. Azevedo et ai (1938) estudando *C. elegans* nos rios e açudes do Ceará, verificou que o período de reprodução, 6 meses, corresponde ao período de chuvas na região.

Os ovos de *C. elegans* são flutuantes e as larvas possuem um órgão adesivo que lhes permite fixar-se às plantas submersas ou flutuantes.

Schroede-Araújo (1980) observou que a espécie alimenta-se de algas, detritos, matéria vegetal, insetos e areia.

Leporinus copelandii (piava)

L. copelandii é uma espécie migradora (Godoy, 1975). O autor verificou que exemplares do rio Mogi-Guaçu e do rio Pardo são capazes de realizar migrações de até 30 km à jusante. Leporinus copelandii é uma espécie que chega à maturidade sexual após 2 anos de idade. Segundo Godoy (1975), estes organismos podem ser insetívoros, herbívoros e frugívoros, a maior ou menor quantidade desses itens alimentares no tubo digestivo poderá ser observada em função do ambiente onde os espécimes forem encontrados.

Leporinus elongatus (piapara)

Godoy (1975) verificou que as maiores fêmeas da espécie podem atingir 78 cm de comprimento total, enquanto os machos podem atingir 57 cm.

Leporinus fridericii (piava)

Esta espécie possui ampla distribuição no Estado de São Paulo e na América do Sul, podendo ser encontrada no rio Maroni (Guiana Francesa). Caramaschi (1986) observou a espécie em rios de 4^a e 5^a ordem na bacia do Tietê. Os rios apresentavam 9 a 11 metros de largura e a profundidade média destes foi de 0,40 a 0,60 metro.

Como L. striatus, L. fridericii foi observado por Caramaschi (op. cit.) exclusivamente em rios de fundo arenoso.

Leporinus obtusidens (piapara)

Para a COMAM (1978), estes organismos se alimentam de larvas de Trichoptera, peixes, larvas de Chironomidae, gastrópodos, plantas aquáticas, restos de vegetais superiores, insetos alóctones, crustáceos e bivalves. Segundo Romanini (1989), L. obtusidens na sua fase juvenil alimenta-se principalmente de insetos, detritos, restos de vegetais superiores e oligoquetos .

Schizodon nasutus (ximboré)

Segundo Godoy (1975), trata-se de uma espécie herbívora. O autor verificou que esta espécie se alimenta de restos de gramíneas, outros vegetais aquáticos e algas. Godoy (op. cit.) registrou também a presença de insetos no tubo digestivo destes animais. Romanini (1989), analisando o conteúdo estomacal de 42 indivíduos jovens, observou a presença de vegetais superiores, detritos, insetos e algas.

Picelodella gracilis (mandizinho)

Espécie com ampla distribuição no Estado de São Paulo. Após a análise do conteúdo estomacal de exemplares do rio Guáira (PR), constatou-se a presença de insetos e material vegetal (COMAM, 1978).

Segundo Garutti (1983), *P. gracilis* é uma espécie que apresenta hábitos migratórios, sendo que a fase juvenil ocorre em ambientes lênticos. O mesmo autor verificou a presença de fêmeas ovadas de agosto a janeiro.

Pimelodus maculatus (mandi-guaçu)

Caramaschi (1986) verificou a presença desta espécie na bacia do Tietê.

Os indivíduos foram capturados em rios de 4º ordem com largura média variando de 3 a 11 metros. A profundidade média dos rios onde estes organismos foram coletados situou-se entre 0,40 e 0,80 m e a velocidade registrada destes corpos d'água foi de 0,50 a 0,70 m/s. Os animais foram encontrados em rios de fundo arenoso e a temperatura destas águas situou-se entre 12 e 23°C (Caramaschi, op. cit.).

Rhamdia quelem (bagre)

Britski (1972) verificou que a distribuição da espécie no Estado de São Paulo inclui as bacias dos rios Paraná, Ribeira de Iguape, Paraíba e rios do litoral. A espécie pode ocorrer predominantemente em regiões com vegetação marginal e macrófitas

aquáticas. A espécie é encontrada principalmente em fundos arenosos, seguido de pedregosos e argilosos.

Hypostomus regani (cascuda chita)

Para a COMAM (1978) , H. regani apresenta uma frequência elevada de indivíduos jovens durante o inverno à montante do salto do rio Guáira (PR), como as demais espécies de Hypostomus amostradas neste trabalho.

H. regani continha no tubo digestivo sedimento e algas. O mecanismo de alimentação da espécie é de raspagem do substrato sobre os quais eles se fixam; ao rasparem ingerem, portanto, o sedimento mais as algas que ali estão fixas.

Gymnotus carapo (tuvira)

Segundo Ellis (1913), as fases mais diminutas de G. carapo alimentam-se de Entomostraca e larvas de insetos. Os indivíduos de tamanho médio, de larvas de insetos e crustáceos e os adultos alímentam-se de crustáceos e peixes.

Knöppel (1969) verificou que esta espécie alimenta-se quase que exclusivamente de larvas de insetos, crustáceos e insetos aquáticos adultos. Uieda (1983) observou que apenas a fase adulta de G. carapo apresenta hábito ictiófago. Romanini (1989) verificou que indivíduos desta espécie permanecem durante o dia parados e escondidos entre as raízes do aguapé (Eíchhornia. spp.) e outras plantas aquáticas.

Eígenmannia vírescens (tuvira)

Segundo a COMAM (1978), foi observado no conteúdo estomacal de E. virescens a presença de larvas de Diptera, larvas e pupas de Chironomidae , larvas e pupas de Trichoptera e ninfas de Ephemeroptera. Tais resultados indicam que estes organismos apresentam hábitos alimentares insetívoros.

Poecilia reticulata (guarú)

Espécie originária da América Central, teve sua difusão por todas as regiões equatoriais e tropicais em quase todo o mundo. Estes organismos ocorrem em regiões marginais dos corpos d'água. Por serem organismos diminutos (2 a 4 cm) e resistentes, foram distribuídos como agentes controladores de larvas de mosquitos (Barkman et alii, 1986).

Romanini (1989) observou que a espécie supracitada apresentou ampla plasticidade alimentar como insetos, areia, algas, detritos e organismos zooplanctônicos.

Poecilia vivipara (guarú)

Romanini (1989) analisando o hábito alimentar da espécie verificou que estes organismos alimentam-se principalmente de detritos, areia, insetos, algas, crustáceos, vegetais superiores e escamas de peixes. O mesmo autor verificou ainda que tanto a fase juvenil quanto a fase adulta de *Poecilia vivipara* apresentam hábitos alimentares semelhantes.

Nas coletas do rio Jaguari foi possível observar a presença destes organismos, em grande número, sob as raízes de macrófitas aquáticas.

P. vivipara foi observada em regiões de remansos do rio Jaguari, sempre próximas à margem.

Geophagus brasiliensis (acarâ)

Segundo Britski (1972), esta é uma espécie que se encontra difundida em todo o Estado de São Paulo. É encontrada em cursos de rios de 2° a 5° ordem. Como quase toda espécie de ciclídeo, tem preferência por ambientes lênticos.

São organismos onívoros alimentando-se preferencialmente de detritos que encontram no substrato, adaptando-se facilmente a condições de baixos teores de oxigênio dissolvido. Em coleta realizada no Parque Ecológico do Tietê, indivíduos desta

espécie chegaram a ser capturado em lagos onde o oxigênio dissolvido na água era de aproximadamente 3,0 mg/l.

Tilápia rendalli (tilápia)

As tilápias, representadas por dezenas de espécies, todas de origem africana, estão hoje entre os peixes mais utilizados na criação intensiva em regiões tropicais (Goldstein, 1973).

T. rendalli é também chamada de tilápia do Congo ou tilápia comum, é uma espécie onívora. Na fase adulta apresenta preferência por vegetação flutuante e macrófitas aquáticas. Romanini (1989) observou que indivíduos jovens desta espécie alimentavam-se de fitoplâncton, zooplâncton, insetos aquáticos, vegetais superiores e detritos, demonstrando assim grande plasticidade alimentar.

Esta espécie também suporta baixos teores de oxigênio dissolvido na água (2,3 mg/l) e possui capacidade de suportar temperaturas de 15 a 35°C.