

7. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

7.1. Áreas de Influência

Conforme estabelece a Resolução CONAMA 001/86, a área de influência de um empreendimento compreende a extensão geográfica a ser afetada direta e indiretamente pelos impactos gerados nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação (quando for o caso) do mesmo.

Para o desenvolvimento do presente EIA, foram considerados três níveis de abrangência para as áreas de influência do empreendimento e avaliação dos impactos durante as fases de implantação e operação do mesmo: AI – Área de Influência Indireta, AD – Área de Influência Direta e ADA – Área Diretamente Afetada.

As **Figuras 7.1, 7.2 e 7.3** ilustram os três níveis de abrangência definidos neste EIA.

Estes três níveis foram delimitados de acordo com as especificidades dos componentes dos meios biótico, físico e socioeconômico, como segue:

- **Área de Influência Indireta (AI):** De abrangência regional, corresponde à área que sofrerá os efeitos indiretos da implantação e operação do empreendimento (**Figura 7.1**).
 - Para os *meios físico e biótico*, compreende a zona do Planalto de Jundiá, inserida no Planalto Atlântico, abrangendo a sub-bacia do rio Jaguari, integrante da bacia do rio Piracicaba. Especificamente para os estudos referentes aos recursos hídricos, foi considerada como AI a sub-bacia do ribeirão Lavapés, tributário da margem esquerda do rio Jaguari.
 - Para o *meio socioeconômico*, a AI compreende o território do Município de Bragança Paulista.
- **Área de Influência Direta (AD):** Corresponde à área que sofrerá os impactos diretos do empreendimento, durante as fases de implantação e operação. Para todos os meios, a Área de Influência - AD corresponde a um polígono irregular cujos limites distam 500 metros do perímetro da propriedade (**Figura 7.2**). Apenas no caso específico dos recursos hídricos, a AD corresponde à sub-bacia do ribeirão do Tabuão, afluente do ribeirão Lavapés.
- **Área Diretamente Afetada (ADA):** Corresponde à área destinada à implantação do empreendimento propriamente dito, e que sofrerá diretamente os impactos de sua implantação e operação. Essa área compreende a propriedade onde se localiza o atual aterro (**Figura 7.3**).

Figura 7.1. – Delimitação da AII

Figura 7.2. – Delimitação da AID

Figura 7.3. - Delimitação da ADA

7.2. Diagnóstico do Meio Físico

7.2.1. Caracterização Climática

O Município de Bragança Paulista está localizado na faixa tropical do hemisfério sul, distante 120 km do litoral. Além da latitude e proximidade do mar, o modelado do relevo, a altitude e as características da superfície (uso e ocupação do solo) são os outros fatores geográficos que particularizam o comportamento local dos componentes atmosféricos do clima regional.

O clima da região Sudeste brasileira, onde está situado o Município de Bragança Paulista, caracteriza-se pela forte diversidade, decorrente do fato de ser uma transição entre os climas quentes e úmidos das latitudes mais baixas (zona tropical) e os climas mesotérmicos predominantes nas latitudes médias (zona temperada).

A região Sudeste apresenta características climáticas particulares, muito influenciadas pela Massa Tropical Atlântica. Participam também do comando da circulação atmosférica regional as massas de ar intertropicais, Tropical Atlântica, Equatorial, Continental e Tropical Continental, e as extratropicais, Polar Atlântica e Polar Pacífica. Estas últimas, contudo, precisam ter muita força para superar as serras do Mar e da Mantiqueira e atingir Bragança Paulista; quando isso ocorre, as condições de tempo locais mudam abruptamente.

De modo geral, a passagem da Frente Polar é marcada por chuvas intensas, com trovoadas e granizos ocasionais e ventos moderados a fortes do quadrante oeste, girando para sul, que mantêm condições instáveis por alguns dias. Sua influência também é muito marcante em relação à temperatura, destacando-se a expressiva variabilidade térmica na estação fria, associada ao elevado grau de urbanização, que favorece a elevação da temperatura (efeito estufa).

De acordo com a classificação climática do Estado de São Paulo pelo sistema Köppen (SETZER, 1966 *apud* NEVES, 2005), a região se situa na faixa de transição entre os climas Cwa, Cfa e Cfb. A classificação como tipo “C” é atribuída aos climas temperados chuvosos e quentes (AYOADE, 2002, *apud* NEVES, 2005); “w” indica que as chuvas são concentradas no verão e o inverno é seco, enquanto “f” indica clima úmido o ano todo, sem estação seca. As últimas letras são relativas à temperatura: “a” simboliza verão quente com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e “b” significa verão moderadamente quente com temperatura média menor do que 22 °C no mês mais quente.

No âmbito do Estado de São Paulo, o Município de Bragança Paulista está localizado na faixa correspondente ao clima Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Nas áreas mais elevadas, as temperaturas no verão são mais amenas, enquadrando o clima local no tipo Cwb (a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses é superior a 10 °C).

Essa variação climática possivelmente está ligada à topografia acidentada característica da região, situada na transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica, assim como

às influências das massas de ar vindas do oceano (SETZER, 1966, *apud* NEVES, 2005), uma vez que o Município dista apenas 120 km do litoral.

O regime térmico possui características tropicais e subtropicais, com temperatura média anual variando entre 18°C e 20°C. As temperaturas mínimas no inverno variam entre 10-15°C, mas geadas e temperaturas até abaixo de 0°C já foram registradas em alguns anos, associadas à forte atuação da massa de ar Polar. Devido a sua altitude (em média 825m), as temperaturas máximas do verão raramente se mantêm acima dos 30°C. A variação de temperatura em Bragança Paulista é apresentada no **Quadro 7.1**.

Quadro 7.1. - Temperatura em Bragança Paulista

Mês	Temperatura do Ar (°C)		
	Mínima Média	Máxima Média	Média
Jan.	17.1	28.0	22.6
Fev.	17.4	28.0	22.7
Mar.	16.5	27.7	22.1
Abr.	13.9	25.9	19.9
Mai.	11.2	24.0	17.6
Jun.	9.7	22.9	16.3
Jul.	9.1	23.0	16.1
Ago.	10.4	25.0	17.7
Set.	12.3	26.1	19.2
Out.	14.1	26.6	20.4
Nov.	15.1	27.1	21.1
Dez.	16.4	27.2	21.8
Ano	13.6	26.0	19.8
Min	9.1	22.9	16.1
Max	17.4	28.0	22.7

Fonte: CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura.

O regime pluviométrico também é comandado pela penetração das Frentes Polares e a confrontação das Frentes Tropicais com outras frentes continentais, resultando precipitações intensas na região, sobretudo a partir da primavera.

As chuvas no verão em geral são copiosas e acompanhadas por ventos fortes e bruscos, que promovem o deslocamento vertical das massas de ar e uma dispersão atmosférica alta. A maior probabilidade de ocorrência de ventos fortes e precipitações intensas está associada à entrada de frentes polares que atravessam a serra do Mar ou de frentes de sistemas equatoriais que avançam pelo continente (SW, S, SE).

Os totais médios anuais de precipitação situam-se em torno dos 1700 mm, sendo o período de verão – dezembro-março – o mais chuvoso, conforme apresentado no **Quadro 7.2**.

Quadro 7.2. - Precipitação em Bragança Paulista

MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)
Janeiro	256,6
Fevereiro	229,4
Março	235,2
Abril	106,6
Maio	111,6
Junho	55,5
Julho	46,1
Agosto	48,9
Setembro	101,4
Outubro	140,3
Novembro	133,2
Dezembro	217,9
TOTAL ANUAL	1682,5

Fonte: Posto no. D3-072 do DAEE (Bragança Paulista) in Ambiterro - EIA Embraliço.

7.2.1.1. Ventos

O relevo da região, com orientação predominante SE, condiciona em grande parte o deslocamento das massas de ar, originando ventos fortes a moderados, que dificulta a ocorrência de nebulosidade ou calmarias prolongadas. Assim como ocorre com as precipitações, maior probabilidade de ocorrência de ventos fortes está associada à passagem de frentes polares que atravessam a serra do Mar ou de frentes de sistemas equatoriais que avançam pelo continente (SW, S, SE), predominando na região, em geral, ventos direcionados a Minas Gerais (N) ou na direção do oceano Atlântico (E-SE).

As informações sobre a velocidade e direção dos ventos predominantes na região, apresentadas na sequência, basearam-se nos dados apresentados no EIA elaborado pela Ambiterro.

De acordo com esses dados, no caso dos ventos de superfície, o empreendimento, localizado a oeste do centro urbano de Bragança Paulista, está exposto a ventos fracos provenientes da planície do rio Jaguari que sopram predominantemente no sentido leste-oeste. Os ventos moderados registrados sopram na direção norte-sul. De modo geral essa condição da circulação de ventos é bastante favorável à dispersão dos gases, de material particulado e dos gases gerados na ampliação e operação do aterro.

O **Quadro 7.3** apresenta os dados de direção e velocidade dos ventos da região, obtidos nos registros do METAR entre agosto de 2002 e janeiro de 2003.

Quadro 7.3. - Direção dos Ventos

Data: 18/08/2002	Data: 18/08/2002	Data: 20/08/2002	Data: 20/08/2002
Hora: 12 00 h	Hora: 13 59 h	Hora: 07 58 h	Hora: 11 00 h
Direção: 70°	Direção: 90°	Direção: 60°	Direção: 90°
Velocidade: 27 km/h	Velocidade: 27 km/h	Velocidade: 19 km/h	Velocidade: 14 km/h
Data: 21/08/2002	Data: 21/08/2002	Data: 22/08/2002	Data: 22/08/2002
Hora: 09 00 h	Hora: 13 59 h	Hora: 06 59 h	Hora: 12 00 h
Direção: 120°	Direção: 70°	Direção: 50°	Direção: 80°
Velocidade: 27 km/h	Velocidade: 37 km/h	Velocidade: 19 km/h	Velocidade: 27 km/h
Data: 22/08/2002	Data: 22/08/2002	Data: 23/08/2002	Data: 26/08/2002
Hora: 13 00 h	Hora: 14 59 h	Hora: 06 59 h	Hora: 12 00 h
Direção: 90°	Direção: 80°	Direção: 360°	Direção: 100°
Velocidade: 32 km/h	Velocidade: 29 km/h	Velocidade: 0 km/h	Velocidade: 26 km/h
Data: 29/08/2002	Data: 12/11/2002	Data: 18/11/2002	Data: 23/08/2002
Hora: 07:58 h	Hora: 11:00 h	Hora: 09:00 h	Hora: 06 59 h
Direção: 50°	Direção: W a SW	Direção: N a NE	Direção: 360°
Velocidade: 21 km/h	Velocidade: 13 km/h	Velocidade: 10 km/h	Velocidade: 0 km/h
Data: 26/08/2002	Data: 25/11/2002	Data: 25/11/2002	Data: 02/12/2002
Hora: 12 00 h	Hora: 08:59 h	Hora: 10:00 h	Hora: 08:00 h
Direção: 100°	Direção: 50°	Direção: E a NE	Direção: E a NE
Velocidade: 26 km/h	Velocidade: 11 km/h	Velocidade: 08 km/h	Velocidade: 11 km/h
Data: 02/08/2002	Data: 04/12/2002	Data: 05/08/2002	Data: 02/12/2002
Hora: 15:00 h	Hora: 10:00 h	Hora: 10:00 h	Hora: 08:00 h
Direção: SE	Direção: E	Direção: E	Direção: E a NE
Velocidade: 19 km/h	Velocidade: 14 km/h	Velocidade: 26 km/h	Velocidade: 11 km/h

Fonte: Dados do METAR (GRU – SP).

Do ponto de vista local, o aterro sanitário está situado em uma posição vantajosa, a oeste do centro da cidade. Os ventos que o atingem, fracos na maior parte do ano, provêm da planície do rio Jaguari, seguindo no sentido predominante leste-oeste. Ventos moderados seguem também na direção norte-sul (Campinas-Bragança na base da faixa da rodovia BR-381) e sudeste-sudoeste.

Em face do direcionamento predominante dos ventos na região – leste para oeste e da localização do aterro na porção oeste do Município, pode-se inferir que as condições climáticas são favoráveis à dispersão dos gases, material particulado e gases gerados na ampliação e operação do aterro, pouco interferindo nas comunidades urbanas.

7.2.2. Qualidade do Ar

7.2.2.1. Área de Influência Indireta - AII

A CETESB possui ampla rede de monitoramento de qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e em diversos Municípios do interior. No entanto, não há estação de monitoramento em Bragança Paulista, visto não haver parque industrial ou outras fontes poluidoras significativas.

Em 1999 e 2000, a CETESB operou na região uma rede composta por seis amostradores passivos de dióxido de enxofre, parte do projeto “Entre Serras e Águas”. Um dos amostradores foi instalado na área urbana de Bragança Paulista, na EEPSG “Cásper Líbero”, situada na Avenida Cândido Fontoura da Silveira, 65.

Os resultados, de apenas 10 dias de amostragem em cada ano, embora não muito representativos, indicam excelente qualidade do ar, estando a maior parte dos valores abaixo do limite de detecção do método de medição.

Desta forma, pode-se inferir que a qualidade do ar na Área de Influência Indireta é sujeita a poucas alterações, uma vez que as fontes fixas são raras. Considerando as reduzidas fontes de emissão, bem como os dados desta breve campanha de monitoramento, pode-se concluir que os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA no. 03/90 são atendidos, não ocorrendo episódios críticos de poluição do ar.

7.2.2.2. Área de Influência Direta - AID

O aterro situa-se a cerca de 2 quilômetros do núcleo urbano, afastado de áreas de grande circulação. Insere-se em área com características rurais, onde predominam campos antrópicos, com baixa densidade de ocupação. Assim, com base nos dados discutidos acima, pode-se afirmar que a qualidade do ar na Área de Influência Direta é sujeita a poucas alterações e que não devem ocorrer episódios críticos de poluição.

A principal fonte de emissões é o próprio aterro que, no processo bioquímico de decomposição dos resíduos domiciliares, produz os gases CH₄ (metano), CO₂ (gás carbônico) e H₂S (gás sulfídrico), além de uma pequena parcela de outros constituintes de menor importância. Emite, ainda, material particulado, pela movimentação dos caminhões e máquinas pesadas em vias não pavimentadas e áreas internas do aterro.

O gás sulfídrico (H₂S) merece especial atenção, não tanto pela sua toxicidade, mas pela geração de odor típico.

Segundo informações do empreendedor, não houve qualquer reclamação formal quanto ao odor gerado no aterro durante todo o período de operação.

7.2.3. Ruído e Vibrações

No dia 13 de Junho de 2006 foi realizada avaliação acústica no local. Nesta campanha foram realizadas medições em diversos pontos da área de influência, em uma única vez, no período diurno.

As medições de vibração foram feitas concomitantemente na área, nos mesmos pontos e instantes das medições de ruído.

Em cada ponto selecionado, foram feitas medições de nível sonoro, com um período de amostragem de 5 a 10 minutos, até se obter a completa estabilização dos resultados medidos nesse intervalo de tempo. Foi realizada automaticamente a análise estatística dos dados, sendo anotados, entre outros parâmetros, o L_{eq} (nível equivalente contínuo), que é o índice de referência legal para o caso em análise, o L_{90} (ruído de fundo), e o L_{10} . O L_{eq} representa o nível de ruído que, emitido de forma constante, apresenta a mesma energia da fonte medida na prática. Pode, portanto, ser considerado como o “ruído médio”. Já o L_{90} é o nível de ruído que é ultrapassado 90 % do tempo, sendo basicamente o ruído residual. Finalmente, o L_{10} , é o ruído que é ultrapassado em 10 % do tempo sendo, portanto, o nível sonoro máximo, se forem desconsiderados os picos isolados.

A avaliação de vibrações foi feita em amostragens de 3 minutos, tendo sido anotados, entre outros parâmetros, a aceleração RMS, velocidade RMS, pico máximo de velocidade, e espectro de frequência (em dB) em 1/3 de oitavas.

A avaliação de velocidade de partícula em vibração indica o movimento vibratório, de forma linear, de mais simples compreensão sendo um meio bastante abrangente para médias frequências (de 10 a 1000 Hz, RMS). Dá, portanto, uma boa indicação da severidade, motivo pelo qual é utilizada a velocidade como parâmetro de avaliação em padrões ambientais e legais. A aceleração (calculada como a velocidade multiplicada pela frequência) é indicada por destacar melhor os fenômenos vibratórios em alta frequência, sendo eventualmente de interesse na avaliação de fenômenos transitórios.

O resultado em RMS representa a energia média do fenômeno vibratório, considerando o histórico do movimento de vibração, sendo o parâmetro mais representativo do potencial efeito danoso. A medição do pico vibratório indica o máximo movimento, a maior amplitude do fenômeno vibratório e, por não considerar o histórico da vibração, indica apenas os choques de curta duração. Em uma análise completa devem ser considerados os dois parâmetros conjuntamente.

As avaliações de aceleração e velocidade RMS, foram realizadas considerando todo o espectro de frequência, de 0,8 Hz a 20 kHz. Já a avaliação de velocidade-pico foi realizada considerando apenas a faixa de 3,15 Hz a 20 kHz, de modo a se obter valores comparáveis com os padrões ambientais e procedimentos usuais dos órgãos fiscalizadores.

Na avaliação de espectro de frequência, muitas vezes, é recomendável se utilizar a escala logarítmica – em dB – da aceleração, para melhor destacar as frequências mais altas, de menor energia e, portanto, freqüentemente não se destacando em escalas lineares.

Para a realização dos trabalhos de campo, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- **Medidor de Nível Sonoro:** Marca Brüel & Kjær, modelo 2236, com análise estatística de dados. Com certificado de calibração nº. 14.271 (**Anexo 4**), emitido em 09/05/2006, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento no 256, emitido pelo CGRE/INMETRO);
- **Calibrador Acústico:** Marca Brüel & Kjær, modelo 4231, devidamente aferido pelo fabricante. Com certificado de calibração nº. 14.272 (**Anexo 4**), emitido em 09/05/2006, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento no 256, emitido pelo CGRE/INMETRO);
- **Analizador de Vibrações:** Marca Svantek, modelo Svan 946, com análise de frequências em 1/3 de oitavas;
- **Software dB2XL Type 7692**, B&K, para conexão com computador e análise de resultados;
- **Software SvanPC**, para conexão do analisador de vibrações com o computador e análise dos resultados;
- **Microcomputador:** NEC Versa FC 160, conectado ao medidor de nível sonoro;
- **GPS:** Marca Garmin, modelo ETrex Vista, com altímetro barométrico.

As medições de ruído foram executadas de acordo com as determinações da NBR 10.151, sendo que os aparelhos utilizados atendem os requisitos da IEC 60651 e 60804, sendo classificados como de Tipo 1 (de precisão).

Os laudos de medição de ruído e vibrações, com registro gráfico dos mesmos, encontram-se, respectivamente, no **Anexo 4**.



Os locais de medição encontram-se relacionados no **Quadro 7.4**, estando localizados na **Figura 7.4** e descritos a seguir.

Quadro 7.4. - Coordenadas dos Pontos de Medições SAD 69

Ponto	Zona	Coordenadas	
		E	N
1	23k	338732	7461825
2	23k	338732	7461735
3	23k	338663	7461322
4	23k	339432	7461322
5	23k	339733	7461211

Figura 7.4. - Mapa de Localização de Pontos de Medições de Ruído e Vibrações

Ponto 01 (Foto 7.1)	Descrição
	<p>Localizado na área interna do aterro, em ponto situado de 10 a 20 m do local onde operava uma escavadeira, retirando terra para o aterro.</p> <p>Na ocasião, este era o único equipamento em operação, além do caminhão que fazia o transporte de terra.</p> <p>Como a máquina utilizada é similar à aplicada na cobertura do lixo, pode-se considerar esta como a fonte sonora típica das operações do aterro sanitário.</p> <p>Foi verificado o nível sonoro de 75,3 dB(A), sendo fonte sonora predominante a operação da escavadeira.</p> <p>Os níveis de vibração obtidos, de velocidade, foram de RMS 0,114 mm/s, com pico máximo de 0,525 mm/s.</p>
Ponto 02 (Foto 7.2)	Descrição
	<p>Localizado na área interna do aterro, em ponto situado a cerca de 100 m do local onde operava uma escavadeira (do ponto 1), retirando terra para o aterro.</p> <p>Esta avaliação foi realizada com o objetivo de verificar o decaimento do ruído e vibrações a esta distância.</p> <p>Foi verificado o nível sonoro de 53,0 dB(A), sendo fonte sonora predominante a operação da escavadeira, indicando, já, uma sensível redução do ruído, ainda dentro da área do aterro.</p> <p>Os níveis de vibração obtidos, de velocidade, foram de RMS 0,119 mm/s, com pico máximo de 0,080 mm/s, indicando que, a esta distância, o pico de vibração já está bastante abaixo do limiar de percepção.</p>
Ponto 03 (Foto 7.3)	Descrição
	<p>Localizado na entrada de um sítio localizado a cerca de 200 m do aterro.</p> <p>O ponto está a aproximadamente 80 m da estrada de acesso ao aterro, por onde passavam caminhões de lixo.</p> <p>Foi verificado o nível sonoro de 42,6 dB(A), sendo que durante o período de amostragem passaram 4 caminhões de transporte de lixo, destinados ao aterro.</p> <p>Foram, então, retirados os intervalos de tempo que eram audíveis as passagens dos caminhões, tendo sido apurado, assim, um nível de ruído ambiente (sem passagem de caminhões) de 40,1 dB(A), exatamente o padrão diurno para zona rural.</p> <p>Para caracterizar o ruído de passagem dos caminhões, foram considerados somente os intervalos de tempo em que estes eram audíveis, resultando em um nível sonoro de 44,4 dB(A).</p> <p>Os níveis de vibração obtidos, de velocidade, foram de RMS 0,122 mm/s, com pico máximo de 0,067 mm/s, bastante abaixo do limiar de percepção.</p>

Ponto 04 (Foto 7.4)	Descrição
	<p>Localizado ao lado de residência na rua Plínio Dall'Ara, 483, no bairro de São Miguel, que é a área urbana mais próxima do empreendimento, a cerca de 700 m deste.</p> <p>As fontes sonoras locais eram as atividades normais do bairro, como passagem de alguns pedestres e tráfego de veículos mais distante. As atividades do aterro eram totalmente inaudíveis.</p> <p>Foi verificado o nível sonoro de 39,8 dB(A), bastante reduzido e dentro dos padrões para área mista com predominância residencial.</p> <p>Os níveis de vibração obtidos, de velocidade, foram de RMS 0,111 mm/s, com pico máximo de 0,088 mm/s, bastante abaixo do limiar de percepção.</p>
Ponto 05 (Foto 7.5)	Descrição
	<p>Localizado na av. Nicola Sabella, em frente à residência de número 850.</p> <p>Esta avenida, não pavimentada, é a via de acesso ao empreendimento, por onde passam os caminhões de transporte de lixo.</p> <p>Na ocasião da medição, no entanto, não passou nenhum caminhão destinado ao aterro, sendo a fonte sonora predominante o tráfego, reduzido, de veículos na via.</p> <p>Foi verificado o nível sonoro de 53,0 dB(A), atendendo o padrão legal para o tipo de ocupação.</p> <p>Os níveis de vibração obtidos, de velocidade, foram de RMS 0,115 mm/s, com pico máximo de 0,085 mm/s, indicando bastante abaixo do limiar de percepção.</p>

7.2.3.1. Geologia

Os dados referentes à Geologia das áreas de influência do empreendimento foram obtidos a partir do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b – escala 1:500.000); Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Folha Campinas (DAEE/UNESP, 1984, escala 1:250.000); Carta Geológica Folha Campinas do Projeto Integração Geológico-Metalogenética (CPRM, 1999, escala 1:250.000), e trabalhos em escala de maior detalhe, como a Geologia da Folha de Bragança Paulista (CAMPOS NETO, IGUSP/Pró-Minério, 1984, escala 1:50.000) e o Mapa Geológico apresentado na compilação efetuada por Moraes (1998), na escala 1:50.000.

A caracterização geológica das áreas de influência direta (AID) e diretamente afetada (ADA) também teve por base, além dos dados secundários das compilações efetuadas, as informações obtidas nos levantamentos de campo realizados em julho de 2006.

Também foram considerados os dados obtidos nas investigações em subsuperfície realizadas pela EPT Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S/A em março de 2002, compreendendo cinco sondagens à percussão denominadas SP-01 a SP-05, e em setembro

de 2002, com cinco sondagens à percussão (SP-06 a SP-11) e quatro sondagens rotativas (SR-01 a SR-04).

Assim como os perfis individuais das sondagens à percussão e sondagens rotativas, os perfis das investigações de subsuperfície realizadas para a instalação dos poços de monitoramento na ADA, entre 2002 e 2006, também foram analisados e considerados na elaboração de quatro seções geológico-geotécnicas representativas da Geologia local.

a) Área de Influência Indireta (AII)

A AII do empreendimento insere-se na Zona Sismogênica de Pinhal (MIOTO, 1993), caracterizada por baixa atividade sísmica contemporânea, típica de região intraplacas, que pode ser induzida (provocada pelos reservatórios de Capivara, Jaguari e Paraibuna-Paraitinga), resultar em desubsidência (Bacia de Santos), e pela alternância de blocos subsidentes e em emersão, refletida na variação do tipo de costa. Nessa zona foi registrado, em 27 de janeiro de 1922, o maior sismo em território paulista, com magnitude 5,1 e intensidade máxima de VI MM no epicentro, que afetou várias cidades dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b), na região de Bragança Paulista – onde se encontra inserida a AII – afloram os granitos e granitóides polidiapíricos com predominância de termos porfiríticos com granulação variada. Tais rochas constituem parte das Suítes Graníticas Indiferenciadas e, segundo Bistrichi *et al.* (1981), formam alguns corpos localizados nas áreas de ocorrência do Grupo Pinhal (WERNICK, 1978), no domínio dos complexos Amparo e Varginha. São maciços de natureza polidiadítica, com as diversas fases intrusivas exibindo relações bastante complexas entre si e íntimas associações dos diversos tipos petrográficos e texturais – como porfiróides, inequigranulares, anatexíticos.

Campos Neto (1984) define essas rochas do embasamento cristalino como o Complexo Granítico Socorro, que conformam um batólito com cerca de 1.700km². A porção centro-sul deste corpo intrusivo aflora em grande parte na região de Bragança Paulista, predominando as exposições em diversos locais como rochas granitóides porfiríticas, além de corpos graníticos equigranulares a microporfiríticos intrusivos subordinados.

A existência de porções com características distintas permitiu a divisão do complexo em duas suítes, a Suíte Bragança Paulista, que engloba as rochas granitóides porfiróides, e a Suíte Salmão, dos granitos equigranulares a microporfiróides, róseos a acinzentados, nitidamente mais jovens. De acordo com Campos Neto (1984), os granitos equigranulares a microporfiróides são claramente intrusivos nos granitóides porfiróides.

A Suíte Bragança Paulista (CAMPOS NETO & BASEI, 1983), corresponde ao batólito principal e inclui a AII, onde pode ser caracterizado como um granitóide porfirítico, com megacristais róseos e esbranquiçados de microclina, com os de oligoclásio ocorrendo subordinados. Excepcionalmente, tais cristais podem atingir até 15 cm no seu eixo maior.

Wernick *et al.* (1976) consideram a origem desses megacristais como metassomática e, em grande parte, sintectônica, enquanto Coutinho (1972) considera sua origem

magmática. Campos Neto & Basei (1983) optaram por uma origem magmática tardia para os megacristais róseos a esbranquiçados de feldspato, em contraposição à origem metassomática.

O feldspato potássico encontrado é a microclina, normalmente na forma de megacristais, e o plagioclásio, em essência, tem composição de oligoclásio.

Outra característica marcante dessas rochas granitóides é a presença de encraves máficos de composição intermediária, ou seja, mais básica que a da rocha hospedeira. Esses encraves possuem dimensões decimétricas, são normalmente alongados, com contornos nítidos e irregulares ou com contornos difusos, e se confundem, localmente, com a matriz.

Campos Neto & Basei (1983) descrevem quatro fácies principais na Suíte Bragança Paulista:

- **Fácies A**, onde ocorre a presença abundante de megacristais feldspáticos róseos a rosados, e os cristais de plagioclásio se apresentam esbranquiçados na matriz. São rochas porfiróides cinza-rosada. A matriz é inequigranular de granulação média, com biotita e hornblenda envolvendo os cristais de plagioclásio. Estruturalmente, pode apresentar uma orientação tectônica da matriz e os megacristais acompanham a orientação. Os granitóides da Fácies A são preferencialmente tonalitos;
- **Fácies B**, com megacristais róseos de feldspato potássico menos abundantes e cristais de plagioclásio esbranquiçados na matriz. A composição, em geral, é granodiorítica;
- **Fácies C**, com megacristais menos abundantes e matriz com dois feldspatos, branco e rosado. Normalmente, possui composição granodiorítica;
- **Fácies D**, caracterizada pela presença abundante de megacristais róseos e com matriz de feldspato branco e róseo. Possui matriz equi a inequigranular hipidiomórfica de granulação média. A composição é de um granito 3b.

Datações das rochas graníticas e granitóides do embasamento revelam duas fases de magmatismo. A fase sintectônica, associada à Orogênese Brasileira, com idade de 640-650 milhões de anos, e a pos-tectônica, datada no intervalo entre 540-560 milhões de anos (BISTRICHI *et al.*, 1981).

Wernick (1997) vinculou a colocação dos corpos granitóides brasileiros na Faixa Ribeira e na cunha de Guaxupé a um regime tectônico geral transpressivo, com uma fase de intensa tectônica de cavalgamento seguida por uma de transcorrência de longa duração com amainamento dos esforços, e a final transtensiva. O autor separou os corpos granitóides com estruturação relativamente simples e associados, em essência, a uma das fases tectônicas, daqueles com arquitetura magmática complexa, resultado de magmatismo policíclico e/ou plurisserial, colocados durante duas ou mais fases tectônicas, resultando em duas fases magmáticas principais.

Uma delas, de idade inferior mínima ao redor de 630-660Ma e superior por volta de 620Ma, abrange as fases tectônicas iniciais e está representada por parte dos granitos Socorro. A segunda, com idades entre 610Ma e 570Ma, comporta as fases tectônicas de transcorrência e de transtensão, e engloba, também, parte dos granitos Socorro.

Morais (1998) indicou que, na região da All, predominam as rochas graníticas e granitóides indiferenciadas da Suíte Bragança Paulista, pertencentes ao Complexo Granítico Socorro. Além dos limites da All, para oeste/sudoeste, essas rochas ocorrem, na região do Ribeirão do Campo Novo, em contato com os gnaisses do Complexo Piracaia.

Em concordância com MORAIS (1998) o Mapa Geológico da Folha Campinas, na escala 1:250.000 (CPRM, 1999) (**Figura 7.5**) cartografa, na região de Bragança Paulista, o Maciço Granitóide Socorro inserido no Domínio Socorro-Guaxupé. Tal maciço envolve a All e suas rochas granitóides, que podem ser divididas em monzogranito, granito e quartzo-monzonito (unidade 20a); monzogranito-granito inequigranular a microporfiróide, gnaissificado, milonitizado (unidade 20b); magnetita-horblenda-granitóide-porfiróide, quartzo-monzodiorito, tonalito, granodiorito e mozogranito gnaissificados, e proto/blastomiloníticos (unidade 20c).

Ainda de acordo com esse mapa geológico, na All ocorre, predominantemente, a unidade 20c, com a presença subordinada das unidades 20a e 20b, representadas por corpos menores, elípticos ou alongados na direção SE-NW, sendo que um desses corpos pode ser reconhecido e delimitado nos arredores da AID/ADA.

Para oeste, além dos limites da All, ocorrem (muscovita)-granada-sillimanita-biotita-gnaiss xistoso e granada-biotita-gnaiss, além de gondito, rochas calcossilicáticas, anfíbolito, grafita-xisto e quartzito subordinados. Tais rochas foram agrupadas no Complexo Piracaia.

Também são observadas as ocorrências de coberturas cenozóicas pouco expressivas, representadas por depósitos aluviais e coluviais quaternários.

Aluviões pré-atuais formam terraços pouco elevados sobre os talvegues dos rios, sendo constituídos por sedimentos inconsolidados, cascalhos, areias, siltes e argilas. As aluviões atuais formam as planícies aluviais, depósitos de sedimentos inconsolidados, arenosos a argilosos, ocasionalmente orgânicos (BISTRICHI, 2001).

Os depósitos coluviais são representados por coluviões, acumulações detríticas associadas às vertentes, mal selecionadas e maciças, argilo-arenosas a areno-argilosas, que muitas vezes apresentam linhas de seixos pouco espessas na base.

Figura 7.5. - Mapa Geológico - All

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

Algumas características geológicas descritas em escala regional são nitidamente observadas em escala local, tanto na ADA como na AID. Na ADA são encontrados, aflorando nos morrotes dissecados, matacões métricos a decamétricos de rochas granitóides, predominantemente arredondados a subarredondados, com graus variados de alteração e esfoliação esferoidal.

O mapeamento das feições e das particularidades geológicas observadas na AID/ADA pode ser observado na **Figura 7.6** (Levantamento Geológico-Geotécnico).

A alteração dessas rochas resulta na formação de solos areno-siltosos ou argilo-siltosos e micáceos, sendo que as frações areia e silte variam conforme o volume de quartzo e feldspato presente nas rochas das quais derivaram, e a posição que ocupam no manto de intemperismo – em geral mais argilosos no topo e mais siltosos e arenosos na base.

A partir da observação macroscópica de feições estruturais e de sua mineralogia, onde a rocha se encontra exposta, infere-se que são blocos residuais de um corpo intrusivo granitóide, possivelmente de biotita-granito porfirítico com algumas feições migmatíticas, como bandas centimétricas irregulares compostas, predominantemente, por biotita e outros minerais máficos, não identificados macroscopicamente.

A matriz é inequigranular de granulação média (2mm a 5mm) composta, predominantemente, por quartzo, feldspato e biotita. Ocorrem, ainda, megacristais de feldspato subcentimétricos a centimétricos, com o eixo maior orientado na mesma direção das bandas máficas. Ocasionalmente, ocorrem encraves máficos centimétricos dispersos na matriz da rocha.

Esses corpos são, normalmente, de granulação média a fina, inequigranulares a equigranulares e, por vezes, podem ser invadidos por megacristais de feldspato. O contato com a encaixante normalmente é nítido e, em alguns locais, há concentração de minerais máficos nas bordas. Não há evidências de feições estruturais rúpteis.

Na ADA, junto ao sopé das encostas dos morrotes dissecados, podem ser observados restritos depósitos coluviais, enquanto na base das vertentes e no fundo dos vales são reconhecidos os depósitos aluviais, como o que foi cartografado na porção centro-nordeste da ADA.

Foram realizadas quatro sondagens rotativas, concentradas na porção leste-sudeste da ADA, 11 sondagens à percussão e 15 sondagens a trado, sendo que nestas últimas, nos mesmos locais das perfurações, foram instalados poços de monitoramento. De acordo com os boletins de instalação dos poços, os mesmos apresentam profundidades diversas, entre 2,50m e 35,0m.

Na **Figura 7.7** (Seções Geológico-Geotécnicas) são apresentadas seções geológico-geotécnicas elaboradas a partir das sondagens executadas para o projeto de ampliação do aterro, com direção aproximada NW-SE - **Figuras 7.7 (a) e 7.7 (b)** - e SW-NE - **Figuras 7.7 (c) e 7.7 (d)**, conforme indicado na planta da **Figura 7.6**. Nessas

seções, podem ser observadas a disposição e características principais das unidades geológico-geotécnicas presentes na ADA, as quais são descritas a seguir.

b1) Solos Aluviais

São constituídos por sedimentos inconsolidados, predominantemente moles ou fofos nas camadas mais superficiais, cuja consistência ou compacidade pode aumentar com a profundidade. Nesses depósitos, predominam camadas de argila orgânica arenosa (areia média e grossa) preta, que constituem a várzea do ribeirão do Tabuão.

Os depósitos aluviais se desenvolvem por algumas centenas de metros a jusante das cabeceiras do ribeirão do Tabuão, no anfiteatro formado pelas vertentes de morrotes dissecados justapostos, as quais desembocam em um pequeno estrangulamento responsável pelo acúmulo dos sedimentos. A presença de areia média e grossa nos sedimentos argilosos é consequência da declividade acentuada do terreno na sua área-fonte e de sua proximidade. Sua origem está relacionada à remoção parcial do horizonte superficial do solo residual.

As camadas argilosas apresentam espessuras variáveis entre 0,30m (ST-09/PM-09) e 3,50m (ST-10/PM-10), conforme indicado pelas sondagens realizadas.

b2) Solos Coluviais

Em algumas das sondagens realizadas, foram descritos solos coluviais constituindo depósitos com espessuras de até 2,90m, representados por argilas areno-siltosas (areia fina e média) marrom-avermelhadas (ST-12A/PM-12A). Tais depósitos, raramente observados no campo, são muito semelhantes aos solos residuais maduros presentes em grande parte da AID/ADA, que recobrem a superfície dos morrotes dissecados.

Por ser eventuais, e não raro confundidas com solos residuais maduros, as ocorrências desses solos não foram individualizadas no mapa geológico da AID/ADA (**Figura 7.6**), tendo sido englobadas no horizonte superficial de solo residual.

b3) Solo Residual Maduro

O horizonte de solo residual maduro pode ser identificado na maior parte das sondagens realizadas, em especial naquelas localizadas à meia encosta e no topo dos morrotes dissecados. Caracteristicamente, é constituído por argila arenosa (areia fina e média) siltosa a pouco siltosa, sendo marrom-avermelhado e menos siltoso quando mais próximo da superfície, e vermelho e mais siltoso em maiores profundidades.

Nas sondagens realizadas para a instalação dos poços de monitoramento PM-07 ao PM-14, esse horizonte foi reconhecido com espessuras variáveis entre 1,00m e 3,50m. Nos cortes efetuados na vertente do morro te dissecado que ocupa a porção leste-sudeste da ADA, esse horizonte pode ser reconhecido com até 4,50m de espessura máxima.

No seio da cama desse solo, observa-se a presença de matacões formados pela alteração *in situ* das rochas granitóides, principalmente na porção leste-sudeste da

AID/ADA. Essas ocorrências são comuns em corpos graníticos, nos quais o resfriamento lento da massa ígnea original gera sistemas de fraturas com padrão ortogonal, o que promove a alteração do maciço com preservação de núcleos ou blocos arredondados formados por esfoliação esferoidal.

A presença de argila na sua constituição confere coesão a esses solos, que por essa razão apresentam melhor resistência à erosão quando comparados aos solos residuais jovens.

b4) Solo Residual Jovem

O horizonte de solo residual jovem é significativamente mais espesso, tendo sido identificado na porção sudoeste da ADA, sotoposto ao solo residual maduro que capeia o topo do morrote dissecado, e sob materiais de aterro. Ocorre a partir de 1,0m até 35,00m de profundidade e é constituído por silte arenoso (areia fina a grossa) pouco argiloso, micáceo e variegado, apresentando as cores cinza, amarelo e marrom.

São solos muito estruturados, que preservam a textura e estruturas da rocha original e apresentam alta suscetibilidade à erosão, observando-se nesse horizonte, quando exposto, os principais processos de erosão laminar e, principalmente, de erosão linear, com ocorrências de *piping*, sulcos superficiais e profundos e, eventualmente, ravinas menos desenvolvidas.

b5) Depósitos de Assoreamento

Recobrimo grande parte dos depósitos aluviais e, eventualmente, as porções mais baixas das encostas dos morrotes dissecados, onde predominam os solos residuais maduros, observa-se a ocorrência de depósitos de assoreamento, os quais se concentram na porção nordeste da ADA (**Figura 7.6**). A retenção e acúmulo de material nessa área se devem ao estrangulamento do vale e à construção da bacia de sedimentação, por meio de um dique.

Os depósitos são constituídos, principalmente, por silte arenoso (areia fina a grossa) amarelo e ocre, e as áreas-fonte de material estão relacionadas aos processos erosivos instalados nas jazidas de solo e nos taludes do aterro de resíduos, nas áreas desprovidas de cobertura vegetal. Também provêm do horizonte do solo residual jovem exposto no entorno do aterro, e estrada de serviço e acesso às jazidas.

Figura 7.6. – Levantamento Geológico-Geotécnico (AID e ADA)

Figura 7.7. - Seções Geológico-Geotécnicas (Figuras a, b, c e d)

7.2.3.2. Hidrogeologia

a) Área de Influência Indireta (AII)

A AII do empreendimento se situa na Província Hidrogeológica Escudo Oriental Sudeste, que no Estado de São Paulo é representada pelos aquíferos Taubaté e Cristalino. Embora essa província se caracterize por elevada demanda hídrica, o tipo de uso e ocupação do solo na região determinam uma baixa disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos, pela supressão das matas ciliares responsáveis pela preservação dos mananciais (CETESB, 2004).

Na região compreendida entre as bacias dos rios Jaguari ao norte e Atibaia ao sul, onde se insere o empreendimento – especificamente na bacia do rio Jaguari, sub-bacia do ribeirão do Lavapés – podem ser considerados dois sistemas aquíferos: o aquífero superficial ou freático, e o aquífero profundo, instalado no substrato rochoso pré-cambriano.

O aquífero superficial ou freático se encontra nas camadas de aluvião e solo residual, sendo de meio poroso. A forma da superfície superior da zona de saturação é chamada superfície do lençol freático e depende da topografia do terreno tendendo, em parte, a acompanhar a conformação da superfície do solo. Na superfície do lençol, a água contida nos poros do aquífero se encontra sob pressão atmosférica, de forma semelhante a um reservatório ao ar livre.

A pressão hidráulica, em qualquer ponto do aquífero, corresponde à altura da coluna d'água em metros, desde a sua superfície livre até o ponto em questão. Quando um poço atinge o lençol freático, o nível estático da água no poço perfurado corresponde à superfície livre do aquífero. Essa superfície não é estática, subindo quando a zona de saturação recebe mais água de infiltração vertical e descendo nos períodos de estiagem, quando a água armazenada flui para as nascentes, para cursos d'água ou outros pontos de descarga da água subterrânea.

A presença de camadas de solo menos permeável – como as argilas nos aluviões – sobre camadas mais permeáveis imprime um regime artesianos ao aquífero, podendo levantar a sua superfície. Também pode criar aquíferos secundários ditos “suspensos” ou “empoleirados”.

A recarga desse aquífero é feita, predominantemente, por infiltração vertical na bacia do rio Jaguari, com a água atravessando a zona de aeração e se acumulando na zona de saturação, ambas governadas pelas características locais dos solos e condições do relevo. Sua descarga se dá nas nascentes, nos ribeirões do Lavapés, Toró e Tabuão, e no rio Jaguari.

Quanto à profundidade e qualidade da água, o aquífero freático é explorado a pequenas profundidades, em geral no pé de encostas e planícies aluviais, por meio de poços domésticos e cacimbas. Suas águas são de boa qualidade, mas por ser muito superficial, são grandes os riscos de contaminação e ele é muito suscetível ao regime hidrológico local, ocorrendo grandes flutuações do nível da superfície freática.

O aquífero profundo é dito de meio fraturado, pois o armazenamento da água se dá, preferencialmente, nas estruturas geológicas, em especial nas juntas e fraturas. Nas rochas do cristalino, as fraturas se apresentam mais abertas no topo do maciço rochoso, por ação do intemperismo e alívio de tensões, tendendo a se fechar em profundidade. Sua recarga é feita pelas bacias dos rios Jaguari e Atibaia.

Sua superfície se encontra a grandes profundidades, podendo ser interceptado somente por poços tubulares profundos, em geral abaixo de 150m. Suas águas são de boa qualidade para uso humano, mas as vazões de exploração são relativamente baixas se comparadas com poços em regiões de rochas sedimentares, como arenitos e calcários.

De acordo com o banco de dados referente às outorgas do DAEE, na sub-bacia dos Ribeirões do Lavapés e do Tabuão, encontram-se em exploração, pelo menos, 17 poços para uso doméstico, 4 poços para uso doméstico e industrial, e um poço para água mineral, com vazões informadas variáveis entre 0,34m³/h e 9,50m³/h.

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

A AID se insere na bacia do rio Jaguari, sub-bacia do ribeirão do Lavapés, e a ADA se encontra nas cabeceiras do ribeirão do Tabuão, ribeirão da Água Clara e ribeirão do Toró, na mesma sub-bacia. Na área, podem ser encontrados os dois sistemas aquíferos descritos na AII.

Nas áreas recobertas por aluviões e fundos de vales, o aquífero freático se apresenta sub-aflorante a aflorante, em regime gravitacional nas camadas permeáveis, ou artesianas, caso esteja confinado por camadas de argila impermeável. No caso de intercalações de camadas com permeabilidades contrastantes, pode formar lençóis suspensos. Nas encostas e áreas mais elevadas, com ocorrência de solos residuais, sua profundidade é muito elevada.

Conforme apresentado no Estudo de Impacto Ambiental de 2004 (Ambiterria, 2004) e na Investigação Detalhada realizada em 2006 (CONSULTORIA PAULISTA DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 2006), foram realizadas as sondagens à percussão SP-01 a SP-11 e rotativas SR-01 a SR-04 (2004), bem como as sondagens a trado S-15 a S-20 e construídos os poços de monitoramento PM-01A a PM-20 (2006), fornecendo informações locais sobre o aquífero freático.

Nas sondagens realizadas e poços construídos no fundo do vale, as profundidades da superfície freática variaram entre 0,5m e 2,86m, e o aquífero se encontra instalado em aluvião de composição argilo-siltosa a arenosa, ou argila orgânica, com permeabilidades entre 10-5cm/s e 10-7cm/s. Nos solos residuais de granito, nas cotas mais altas e encosta, o nível-d'água foi atingido a profundidades superiores a 18m (PM-04A e PM-12 a PM-14), ou não foi atingido (PM-15 a PM-20), e se encontra instalado em solo silto-arenoso ou argiloso com permeabilidades entre 10-3cm/s e 10-5cm/s.

Pelas permeabilidades observadas, típicas dos solos siltosos e argilosos, caso esse aquífero fosse explorado por meio de poços, as baixas condutividade hidráulica e transmissividade determinariam baixos valores de vazão e baixa capacidade de exploração.

As águas do aquífero freático fluem das áreas topograficamente mais elevadas para as encostas, onde formam nascentes, e para o ribeirão do Tabuão, ribeirão da Água Clara e ribeirão do Toró. O nível de base da AID é representado pelo rio Jaguari.

O Mapa Potenciométrico elaborado para a ADA - **Figura 7.8** - indicou sentido de fluxo geral das águas subterrâneas de SW para NE, ou seja, da encosta sobre a qual se apóia o aterro de resíduos para o ribeirão do Tabuão, com componentes de fluxo local de norte para sul e oeste para leste (CONSULTORIA PAULISTA DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 2006). A velocidade de percolação na porção mais baixa da área foi estimada em 4,5m/ano, enquanto na encosta, com gradientes hidráulicos mais elevados e solos mais permeáveis é de 24,2m/ano (Ambiterro, 2004).

A recarga se dá de forma difusa, pela infiltração das águas das chuvas, e as águas do aquífero se deslocam pelo meio poroso, perdendo carga hidráulica no sentido das zonas de descarga representadas por nascentes e pelos ribeirões. Foi cartografada uma faixa de solo com surgências de água no pé do talude da encosta existente ao norte do aterro, e ocorrem nascentes a oeste da ADA, onde a água é captada pelos moradores para abastecimento próprio.

O aquífero profundo na AID e ADA tem sua superfície a profundidades superiores a 100m, podendo ser interceptado somente por poços tubulares. Sendo de meio fraturado, é limitado pelo fechamento das fraturas do maciço rochoso, que se encontram mais obliteradas quanto mais próximas do topo do maciço. Sua recarga é feita pelas bacias hídricas, com o concurso das estruturas geológicas regionais, e o fluxo subterrâneo se dá no sentido das escarpas da serra do Mar, governado por elevados gradientes hidráulicos.

Em função do grau de fraturamento, natureza das fraturas e da presença de estruturas geológicas regionais de elevada condutividade hidráulica, têm-se boas condições de recarga e de alta transmissividade que emprestam, a esse aquífero, boas possibilidades de exploração, mas as vazões obtidas dificilmente ultrapassam 10m³/h.

Conforme o cadastro de outorgas do DAEE (Ambiterro, 2004), existe registro de dois poços tubulares profundos na bacia do ribeirão do Tabuão, sendo um industrial, a jusante da lagoa próxima à SP-095, com vazão de 4,00m³/h, e outro comercial, cerca de 600m a montante da confluência dos ribeirões do Tabuão e do Lavapés, com vazão de 2,70m³/h.

Figura 7.8. - Mapa Potenciométrico elaborado para a ADA

7.2.3.3. Aspectos Geotécnicos

Os solos que sustentam o aterro de resíduos e são interceptados pelos seus acessos – encontrando-se expostos nos cortes de estrada – são oriundos da alteração das rochas granitóides, tendo sido identificados como solos residuais maduros e solos residuais jovens. Na Área Diretamente Afetada – ADA também ocorrem solos aluviais constituídos, principalmente, por argilas moles, sobre os quais se encontram as caixas de coleta de percolato e a bacia de sedimentação.

a) Solos Residuais

A característica principal dos solos residuais é a preservação das estruturas da rocha original, o que empresta aos mesmos um comportamento anisotrópico ou descontínuo, com parâmetros de resistência variáveis em função da presença de planos de fraqueza e caminhos preferenciais de percolação. No entanto, quando esses solos são caracterizados para fins de análise de estabilidade de taludes de escavações, é comum considerá-los isotrópicos e homogêneos, adotando-se parâmetros de resistência mais baixos ou conservadores.

Os solos presentes na ADA são, principalmente, os solos residuais jovens de granitos, e seus parâmetros de resistência médios são descritos por PINTO, C. S. *et al.* (1993), e foram obtidos a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas de solos residuais do Estado de São Paulo. Esses valores podem ser considerados conservadores, tendo em vista os parâmetros de resistência de solos residuais semelhantes apresentados por outros autores como Pinto, C. S. & Nader, J. J. (1991), Sandroni, S. S. & Maccarini, M. (1981), Milititsky, J. & Nudelman, T. A. (1981).

Sua resistência, em termos de tensões efetivas, foi considerada a partir dos resultados de ensaios de compressão triaxial drenados ou CD (Consolidated Drained) e de ensaios adensados não drenados, com saturação por contra-pressão e com medida de pressões neutras ou CUsat (*Consolidated Undrained* saturados).

A resistência dos solos ao cisalhamento (s) é expressa pela equação:

$$s = c' + \sigma' \cdot \tan \Phi', \text{ onde:}$$

c' é o intercepto de coesão, e

Φ' é o ângulo de atrito interno do solo.

Os valores médios dos parâmetros de resistência obtidos por Pinto, C. S. *et al.* (1993) para os solos residuais de granitos são de 10kPa para c' e 31° para Φ' , e seus pesos específicos são de 15,5kN/m³ para γ_n e 17kN/m³ para γ_{sat} .

A estabilidade dos taludes escavados é verificada por análises de estabilidade realizadas segundo o Método de BISHOP Simplificado, amplamente utilizado na Mecânica dos Solos, que adota para o cálculo dos fatores de segurança, superfícies potenciais de ruptura circulares. Especial atenção deve ser dada às estruturas

geológicas remanescentes nos solos residuais jovens, as quais poderão determinar escorregamentos, principalmente na presença de água.

Considerando-se os elevados parâmetros de resistência dos solos residuais de granito, os mesmos apresentam boa estabilidade nas escavações, porém suas características granulométricas emprestam a esses solos uma elevada suscetibilidade a erosão, devendo os mesmos ser adequadamente protegidos por revestimentos e obras de drenagem superficial. Como fundação, apresentam elevada capacidade de suporte.

b) Solos Moles

Os solos aluviais de pior qualidade como fundação para aterros são os solos argilosos moles, representados por argilas de elevada plasticidade e baixa consistência. Quando submetidos a carregamentos, esses solos podem apresentar recalques e sofrer rupturas, devendo ser substituídos por material de melhor qualidade ou receber tratamento para suportar as cargas a aplicadas. As características desses solos, de maior interesse para os estudos geotécnicos, são a resistência ao cisalhamento, o adensamento e a compressibilidade, comentadas a seguir.

b1) Adensamento e Compressibilidade

Nas argilas muito moles saturadas, um dos aspectos de maior interesse para a Engenharia Geotécnica é a determinação das deformações devidas a carregamentos verticais na superfície do terreno, ou em cotas próximas a esta. Os recalques decorrentes de tais deformações podem ser de magnitudes consideráveis e prejudiciais a aterros implantados sobre elas.

Normalmente, os recalques ocorrem de forma lenta, após a aplicação de cargas sobre a superfície do terreno, em face da necessidade de saída da água dos vazios do solo que são de baixa permeabilidade. Este processo é conhecido como adensamento e está associado a parâmetros de compressibilidade dos solos moles.

Os parâmetros de compressibilidade podem ser investigados através do ensaio de adensamento realizado em laboratório, que consiste na compressão controlada de uma amostra de solo contida em um molde, sem qualquer deformação lateral. Nesse ensaio, o carregamento é feito por etapas, registrando-se, para cada carga aplicada, a deformação em vários intervalos de tempo. O ensaio simula o comportamento do solo quando comprimido, por exemplo, pela ação de novas camadas de solo, ou quando se constrói um aterro sobre o mesmo.

Entre as várias propriedades consideradas no adensamento, tem-se a tensão de pré-adensamento (σ_a), que é a tensão à qual o solo foi submetido anteriormente à tensão atual. A história dos carregamentos nos sedimentos argilosos se manifesta, no ensaio de adensamento, através dessa tensão.

Em função da interpretação da tensão de pré-adensamento e das novas tensões a ser aplicadas sobre o terreno, tais como cargas de fundações de edificações, cargas de aterros, etc., a Mecânica dos Solos dispõe de equações para a estimativa de recalques.

Os parâmetros de compressibilidade obtidos nos ensaios de adensamento – tais como o índice de compressão (C_c), índice de recompressão (C_r) e o coeficiente de compressibilidade (a_v), assim como seu estado natural, definido pelo índice de vazios (e) – influem diretamente no cálculo de recalques, os quais são proporcionais aos carregamentos sobre as argilas e, portanto, variáveis durante o período das obras.

A evolução dos recalques, com o tempo, depende das características dos sedimentos argilosos relacionados às condições de drenagem das camadas compressíveis, tais como a presença de camadas de areias, que facilitam a expulsão da água do subsolo, e da permeabilidade das argilas.

Através do conhecimento do coeficiente de adensamento (c_v), o qual é função do coeficiente de compressibilidade (a_v), do coeficiente de permeabilidade (k) e do índice de vazios (e) das argilas, e das condições de drenagem da camada argilosa em estudo, pode-se avaliar a evolução dos recalques ao longo do tempo.

b2) Resistência ao Cisalhamento

Quando se quer analisar a estabilidade de um aterro sobre solos moles, é necessário verificar se sua resistência ao longo de uma superfície teórica de ruptura é suficiente para resistir ao peso que será aplicado. A resistência de um solo no estado em que se encontra, antes de ocorrer qualquer drenagem, é chamada resistência não drenada (su). A resistência da argila no seu estado natural depende do índice de vazios (e) e da tensão de pré-adensamento.

Nos solos de consistência muito mole ($SPT \leq 2$) a mole (SPT entre 3 e 5), as camadas superficiais apresentam resistência não drenada (su) baixa, mas a mesma é crescente com a profundidade. Seu conhecimento é fundamental para os estudos de Engenharia que contemplam a estabilidade de taludes de aterros ou de maciços sobre solos moles, e estabilidade de taludes de escavações.

Os parâmetros de resistência dos solos podem ser obtidos por meio de ensaios especiais de laboratório sobre amostras indeformadas, ensaios de campo em diversas profundidades e através de correlações. Em laboratório, são utilizados ensaios de compressão triaxial sobre amostras saturadas, não drenadas e com tensões programadas.

O ensaio de campo mais utilizado para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos é o de palheta ou *vane test*, que utiliza uma palheta de seção em forma de cruz, a qual é cravada em argilas saturadas, de consistência mole a rija e, por rotação, é submetida ao torque necessário para se atingir a ruptura do solo por cisalhamento, em condições não drenadas.

Ao analisar a hipotética superfície de ruptura de uma argila mole sob o efeito de um aterro, Bjerrum (1972) mostrou que ocorrem diversas formas de solicitação ao longo da mesma: sob a área carregada, a solicitação é de compressão; na parte inferior, a solicitação corresponde a um cisalhamento simples; e na parte externa, a solicitação é de extensão (aumento da tensão horizontal, correspondente à tensão principal menor).

Por isso, a resistência ao cisalhamento não drenada da argila deveria ser determinada para cada tipo de solicitação.

Diante da dificuldade de se realizar os três ensaios citados e visando possibilitar a realização de projetos com base nos valores de coesão obtidos pelo *vane test*, Bjerrum (1973) analisou rupturas em aterros construídos sobre argilas moles em todo o mundo e concluiu que um número considerável de rupturas havia ocorrido em aterros que apresentavam coeficientes de segurança superiores a um, se considerados os valores de coesão fornecidos pelo *vane test*. Nesse estudo, é mostrado o efeito da anisotropia e do tempo na resistência dos solos, e recomendada a utilização de um coeficiente de correção, função do índice de plasticidade, IP, em geral menor do que a unidade (para valores elevados de IP), a ser multiplicado pelo valor da coesão não drenada obtida através do *vane test*, para levar em conta estes fatores.

Também podem ser realizados, no campo, os ensaios de piezocone (MASSAD, 1999), que consistem da cravação no terreno, com velocidade constante, de uma ponteira cônica que fornece o registro contínuo da resistência à penetração, a qual é correlacionada à estratigrafia do subsolo, obtida a partir de sondagens. Através deste ensaio, obtém-se a resistência de ponta (q_c), o atrito lateral (f_s), e diversas correlações para depósitos de argilas moles, inclusive o coeficiente de adensamento radial (Ch), a partir da interpretação dos ensaios de dissipação de pressões neutras geradas durante a cravação do cone no solo.

Com base nesses elementos, é possível avaliar os mecanismos de sobreadensamento e como os mesmos interferem nas propriedades geotécnicas das argilas.

b3) Propriedades Geotécnicas dos Solos Moles

Pela sua pequena extensão e grande heterogeneidade, as propriedades geotécnicas dos depósitos aluviais continentais são pouco conhecidas, e isso se aplica ao depósito de aluvião presente na ADA. Dessa forma, as propriedades dessas argilas somente poderão ser mais bem avaliadas no caso de estudos específicos sobre esses materiais, ainda não realizados.

Alguns parâmetros geotécnicos médios de argilas moles pesquisadas pela COSIPA em 1992 – para o projeto e execução de obras de terra e fundações em áreas de aluviões de rios litorâneos e da planície costeira – foram obtidos a partir de inúmeros ensaios, em execução desde a década de 60. Tais parâmetros foram obtidos em ensaios de compressibilidade, deformabilidade e resistência de diversas argilas, observando-se que ocorre grande variabilidade nos resultados encontrados. Esses parâmetros são apresentados, a seguir, como referência para solos moles.

- *Compressibilidade*

Quadro 7.5. - Compressibilidade

Parâmetros	Média
Índice de Compressão (Cc)	1.50
Índice de Recompressão (Cr)	0.07
Índice de Expansão (Ce)	0.24
Fator de Compressibilidade ($C_c / 1 + e_0$)	0.38
Coefficiente de Adensamento vertical (cm^2/S) (C_{vv})	0.004

- *Deformabilidade*

Quadro 7.6. - Deformabilidade

Condição	Módulo de Elasticidade (E)	Coefficiente de Poisson (ν)
Não Drenada	100 a 200Kgf / cm^2	0.5
Drenada	20 a 40Kgf / cm^2	0.2

- *Resistência*

Quadro 7.7. - Resistência

Tipos de Solicitações	Ângulo de Atrito
Não Drenadas – Ensaio Q	$\phi = 00$
Adensado - Não Drenadas – Ensaio R	$\phi = 150$
Drenadas – Ensaio S	$\phi' = 180$

c) Materiais Naturais de Construção

As elevadas espessuras da cobertura de solo residual na ADA possibilitam sua utilização no capeamento do aterro de resíduos e na construção de aterros para os acessos. Esses solos são obtidos a partir de uma jazida existente imediatamente a jusante do aterro, mas também foram extraídos de uma antiga jazida, situada mais a jusante que a atual, e dos cortes realizados para a construção da estrada que dá acesso às duas áreas de empréstimo.

Os solos residuais maduros apresentam espessuras variáveis entre 2m e 4,5m, e pela sua natureza argilosa são mais adequados, devendo ser priorizados para as finalidades descritas. As espessuras dos solos residuais jovens, porém, são significativamente maiores, e estes solos estão sendo utilizados com maior frequência como capeamento do aterro.

É importante ressaltar que os solos residuais maduros, pela sua constituição mais argilosa, são coesivos e mais resistentes aos processos erosivos. Os solos residuais jovens, de natureza granular e baixa coesão, são suscetíveis a erosão, permitindo a instalação de sulcos e ravinas, e contribuindo para o assoreamento das drenagens.

d) Estado Atual do Aterro de Resíduos e de seu Entorno

O projeto de ampliação do aterro de resíduos previu a construção de um sistema drenante sobre uma camada de solo impermeável na base do trecho a ser implementado, de forma a garantir uma distância mínima de 3m entre os resíduos dispostos e o topo da superfície freática.

A superfície do terreno foi regularizada com uma camada de solo local compactado e coberta por uma camada de argila com 0,60m de espessura e permeabilidade provável inferior a 10⁻⁷cm/s; geomembrana de PEAD com 2mm de espessura, e geotextil de 400g/m². Além da estanqueidade, buscou-se a durabilidade, resistência mecânica e resistência à degradação do sistema de impermeabilização, e sua compatibilidade com os resíduos. Os drenos – para drenagem do percolato e da água infiltrada, e alívio das pressões neutras – foram construídos de brita, envolvidos por geotextil e dispostos na forma de espinha de peixe.

Para receber o futuro aterro, o aterro existente é coberto com uma camada de solo para regularização; geotextil de alta gramatura; membrana de PEAD com 2mm de espessura, para impermeabilização, e uma camada de solo permeável para drenagem. A cobertura final do aterro será constituída por uma camada de solo local para regularização; geomembrana de PVC com 1mm de espessura, e solo orgânico com gramíneas.

Sobre o aterro, será construído um sistema de drenagem superficial constituído por canaletas trapezoidais de concreto e gabiões-manta; canaletas do tipo meia-cana, e tubos de concreto. As águas serão encaminhadas para a bacia de sedimentação existente a jusante do aterro, de forma a proteger o ribeirão do Tabuão de eventuais processos de assoreamento.

A coleta do percolato é feita por drenos de tubulação perfurada de PEAD, brita e geotextil, e o mesmo é direcionado por gravidade para duas caixas situadas imediatamente a jusante do aterro, com 1.800m³ de volume cada, impermeabilizadas com argila compactada e geomembrana de PEAD com 2mm de espessura. A partir daí, é levado por caminhões-tanque para o sistema de tratamento da Cia. de Saneamento Básico de Jundiaí.

Os gases são removidos por poços de extração vertical construídos com pedra de mão e tubulação ranhurada de PVC com diâmetro de 6", a ser conectados a uma tubulação principal não perfurada, para exaustão e queima. Cada poço drena uma célula operacional com 20m de altura e área de 14ha.

Na **Figura 7.6** é apresentado o mapeamento geológico-geotécnico realizado na ADA, o qual permitiu o diagnóstico do estado atual do aterro e seu entorno. Também é apresentado o registro fotográfico das feições e ocorrências mapeadas, as quais são descritas, de forma geral, a seguir.

O aterro apresenta camada de cobertura com espessuras entre 0,3m e 0,5m, e se encontra parcialmente recoberto com gramíneas, estando sua parte noroeste vegetada e a parte sudeste sem vegetação. Seu capeamento está sendo realizado com solo

residual jovem local, o qual, por ser erodível, apresenta na sua parte sudeste, erosão laminar e ravinas com 0,1m a 0,15m de profundidade.

No topo do corpo do aterro, observa-se uma ruptura com abatimento localizado da berma, onde ocorre empoçamento de chorume e uma erosão linear com profundidade de até 0,5m. A erosão já evoluiu até o topo dos resíduos, recortando toda a camada de cobertura e expondo os mesmos no local.

Na porção central do aterro, onde o mesmo se encontra gramado, foi escavada uma faixa superficial com direção aproximada SW-NE, até a caixa de percolado situada mais ao norte, para acesso de equipamentos. Removeu-se uma parte da camada de cobertura, com exposição de detritos, e se observa empoçamento de chorume e ocorrência de processos de erosão laminar e linear.

No local da caixa de percolado que se encontra mais ao sul, foi registrada a ocorrência de uma provável ruptura, sem, contudo, afetar a caixa, observando-se surgência de chorume e a existência de uma contenção de rachão.

Excetuando-se as ocorrências descritas, que têm caráter localizado e transitório, pois foram observadas em locais ainda sem cobertura vegetal e onde foram realizadas escavações, e as deformações esperadas, o aterro se encontra em bom estado de conservação. Não foram observados trincas, rupturas ou escorregamentos, e seus taludes apresentam inclinações e bermas adequadas para garantir sua estabilidade, como será demonstrado no próximo item.

O sistema de drenagem superficial do aterro existente foi temporariamente removido até que os taludes e bermas finais da sua ampliação sejam concluídos, quando então será implantada a drenagem definitiva. Até o presente momento, as áreas com cobertura vegetal têm se mantido satisfatoriamente protegidas contra a erosão. Conforme informações fornecidas pela **Embraliço**, a falta de obras de drenagem faz com que uma parte das águas superficiais atinja as caixas de percolado, promovendo seu transbordamento durante as chuvas mais intensas.

Os taludes dos cortes da estrada de serviço e de acesso à jazida de solo, situada a leste e a jusante do aterro, foram escavados em solo residual com inclinações inadequadas, e não possuem proteção e drenagem superficial. Conseqüentemente apresentam, nas suas superfícies, processos de erosão laminar, erosão linear (sulcos e ravinas) e erosões tubulares profundas (*piping*), que promovem pequenas instabilidades e o assoreamento do ribeirão do Tabuão.

As duas áreas de empréstimo exploradas na ADA e as superfícies das encostas no entorno do aterro também contribuem para os processos de assoreamento, pela exposição dos solos residuais com elevada suscetibilidade à erosão.

Como conseqüência dos processos de erosão laminar e linear instalados nas encostas, nos taludes da estrada e das jazidas, e nos trechos das camadas de cobertura do aterro ainda não protegidos com grama, observa-se o assoreamento da várzea do ribeirão do Tabuão e da bacia de sedimentação, que apresenta redução na sua capacidade de retenção de sólidos, com conseqüências para o próprio ribeirão.

7.2.4. Geomorfologia

7.2.4.1. Área de Influência Indireta - All

Os estudos de relevo compreenderam a compilação dos mapas geomorfológicos existentes nas escalas 1:1.000.000 (IPT 1981), 1:500.000 (ROSS & MOROZ, 1997) e 1:250.000 (BISTRICHI, 2001) bem como a avaliação das fotografias aéreas de nº 273 e 275 (faixa 01), e 248, 249, 250 e 274 (faixa 02), na escala 1:6.000 (BASE S.A., sobrevôo 056/1999).

Os dois primeiros mapas são apresentados na **Figura 7.9** (Mapa Geomorfológico da All, AID e ADA), em escala 1:5.000.000 - **Figura 7.9 (a)**; o mapa elaborado pelo IPT (1981), na escala 1:1.000.000, corresponde à **Figura 7.9 (b)**, e o mapa de Ross & Moroz (1997) confeccionado na escala 1:500.000, é denominado **Figura 7.9 (c)**, onde se destacam os Tipos de Relevo ou Padrões de Formas Semelhantes, de acordo com a representação cartográfica desenvolvida por Ross (1992).

Na **Figura 7.9 (d)**, podem ser observadas as Formas e Tipos de Relevo adotados por Bistrichi (2001), em concordância com o trabalho de Pires Neto (1996). O mapa original elaborado pelo autor, na escala 1:250.000, é apresentado na **Figura 7.9 (d)** em escala 1:50.000.

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

A caracterização do arcabouço estrutural, da morfologia e da dinâmica superficial da região e da área em que o empreendimento se encontra inserido, forneceram os subsídios necessários para a avaliação das condições de estabilidade das encostas dos morrotes dissecados, que predominam no local, da suscetibilidade dessas encostas à erosão e do assoreamento das drenagens.

As atividades desenvolvidas compreenderam:

- Compilação dos mapas geomorfológicos na escala 1:1.000.000 (IPT 1981), 1:500.000 (ROSS & MOROZ, 1997) e 1:250.000 (BISTRICHI, 2001);
- Interpretação de fotografias aéreas na escala 1:6.000, para compatibilização com as escalas de mapeamento existentes e o detalhamento das feições geomorfológicas e dos limites dos Padrões de Formas Semelhantes (ROSS, 1992), e as Formas e Tipos de Relevo (BISTRICHI, 2001 e PIRES NETO, 1996);
- Lançamento das informações geomorfológicas em bases topográficas elaboradas nas escalas 1:50.000 (Folhas Bragança Paulista, Extrema, Atibaia e Piracaiá, do IBGE), e 1:10.000 (Folha Bairro Campo Novo, PCESP, 1979), para a caracterização da All e da AID/ADA, respectivamente;

- Compilação e descrição morfográfica e morfométrica dos tipos de relevo identificados, e elaboração de legenda e tabelas;
- Trabalhos de campo, executados ao longo das estradas principais que cortam a área; e
- Integração dos dados compilados e obtidos, e elaboração final dos mapas geomorfológicos da AII e da AID/ADA.

a) Formas de Relevo (IPT)

De acordo com a subdivisão proposta pelo IPT (1981a) para o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, a AII se encontra inserida na Província Geomorfológica Planalto Atlântico, que ocupa a porção oriental do Estado e se desenvolve com direção geral SW-NE, na Zona Geomorfológica Planalto de Jundiaí - **Figura 7.9 (b)**.

Além dos limites da AII, para sul-sudeste, predominam os terrenos associados à Zona Geomorfológica Serrania de São Roque; para leste, ocorre a Zona Geomorfológica Serra da Mantiqueira, Subzona Ocidental, e, para norte-noroeste, encontra-se delimitada a Zona Geomorfológica Serrania de Lindóia.

a1) Zona Geomorfológica Planalto de Jundiaí

O Planalto de Jundiaí conforma um terreno rebaixado em relação às zonas geomorfológicas contíguas, sendo drenado pelos cursos d'água que formam as bacias dos rios Atibaia e Jundiaí (PONÇANO *et al.*, 1981). Os limites com os compartimentos geomorfológicos vizinhos são erosivos, marcados por amplos anfiteatros ou por espigões digitados, salvo uma pequena porção no norte, limitada por escarpas (BISTRICHI, 2001).

O Planalto de Jundiaí é constituído por formas de relevo variadas sustentadas por rochas pré-cambrianas como xistos, gnaisses, migmatitos e granulitos intrudidos por corpos granitóides complexos.

Os topos dos morros do interior do planalto, nivelados entre 800m e 900m, apresentam suave inclinação para oeste, acompanhando o gradiente da drenagem principal. Alguns espigões, como os das serras de Atibaia e Santa Clara, ultrapassam 1000m de altitude, enquanto os fundos dos vales se encontram, em geral, com altitude entre 700m e 750m (PONÇANO *et al.*, 1981).

De acordo com a subdivisão proposta pelo IPT (1981a) para o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, a AII se encontra inserida na Província Geomorfológica Planalto Atlântico, que ocupa a porção oriental do Estado e se desenvolve com direção geral SW-NE, na Zona Geomorfológica Planalto de Jundiaí - **Figura 7.9 (b)**.

Os relevos encontrados nessa Zona são:

- **Relevo de Morrotes – Morrotes Alongados e Espigões (234)**

Ocorre além dos limites da AII, delimitada a partir dos arredores de Bragança Paulista, e se estende para leste, até o contato com as serras alongadas da Subzona Ocidental da Serra da Mantiqueira. Essa unidade apresenta relevo ondulado, onde predominam amplitudes locais menores que 50m e declividades médias a altas, acima de 15%.

Observam-se topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de alta densidade com padrão em treliça, vales fechados a abertos, planícies aluviais interiores restritas, além da presença eventual de colinas nas cabeceiras dos cursos d'água principais.

- **Relevo de Morros - Morros com Serras Restritas (245)**

Também ocorre além dos limites da AII, a sul-sudoeste da cidade de Bragança Paulista, sendo a mesma Forma de Relevo drenada pelo rio Atibaia. Predominam morros de topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos. Nota-se a presença de serras restritas, com drenagem de alta densidade de padrão dendrítico a pinulado, vales fechados e planícies aluviais interiores restritas.

De modo geral, predominam declividades médias a altas, acima de 15%, e amplitudes locais de 100m a 300m.

- **Relevo de Morros – Morros Paralelos (244)**

Também delimitada além dos limites da AII, a norte-noroeste, onde conforma a parte setentrional da serra de Santa Clara e a maior porção da serra da Vargem Grande. Compreende morros paralelos de topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Apresenta drenagem de alta densidade com padrão em treliça a localmente subdendrítica, vales fechados a abertos e planícies aluviais interiores restritas.

- **Relevo de Morros – Mar de Morros (243)**

É o tipo de relevo presente na AII. Predominam morros com topos arredondados e vertentes com perfis convexos a retilíneos. Apresenta drenagem de alta densidade com padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados e planícies aluviais interiores desenvolvidas, constituindo, geralmente, um conjunto de formas de meia laranja. Nessas formas de relevo de morros (243 e 244), predominam declividades médias a altas, acima de 15%, e amplitudes locais de 100m a 300m.

- **Relevo de Agradação Continental – Planícies Aluviais (111)**

Associadas às drenagens maiores, como as dos rios Atibaia e Jaguari, que drenam os terrenos do Planalto de Jundiá além dos limites da AII, também foram cartografados relevos de agradaciao continental, representados pelas planícies

aluviais. Conformam terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos a inundações periódicas.

Formas desenvolvidas associadas aos sedimentos do Cenozóico são menos expressivas, sendo representadas por morrotes e colinas pequenas, além de planícies e terraços aluviais restritos às margens dos rios Jundiaí, Jaguari e, principalmente, Atibaia.

Os sedimentos quaternários formam as planícies aluviais dos rios Jundiaí, Jaguari e Atibaia, além de terraços restritos a algumas porções do último curso-d'água, enquanto os sedimentos do Terciário sustentam morrotes e colinas pequenas, em porções reduzidas do Planalto de Jundiaí, além dos limites da All. De modo geral, a sedimentação quaternária é condicionada por lineamentos NW, E-W e NNE (BISTRICHI, 2001).

De acordo com Bistrichi (2001), considerando o levantamento efetuado em escala de maior detalhe na All e arredores (1:250.000), os gnaisses e granulitos pré-cambrianos sustentam formas de relevo de menor amplitude, enquanto as rochas granitóides suportam formas de relevo residuais, com topos que alcançam 950m a 1250m de altitude, como a serra da Bocaina (>1100m), situada nos arredores de Bragança Paulista. A distribuição alongada dessas formas de relevo, sobretudo na porção central do Planalto de Jundiaí, acompanha as direções estruturais NE-SW.

Na All, ainda de acordo com BISTRICHI (2001), o relevo do Planalto de Jundiaí é dominado pelas formas de menor amplitude, compreendendo Morrotes (MT), Morrotes Dissecados (MTd) e Colinas Pequenas (Cp), de modo geral caracterizados por mantos de alteração espessos e solos relativamente desenvolvidos, conforme pode ser observado na **Figura 7.9 (d)**.

Morros Dissecados (Md) se restringem a uma pequena porção, no sul da All, onde se situa a nascente do ribeirão do Lavapés, assim como ocorre na extremidade leste, nas cabeceiras de um dos afluentes da margem direita do Ribeirão do Toró.

Em toda a All, são comuns os afloramentos de rochas granitóides pertencentes à Suíte Granítica Bragança Paulista (CAMPOS NETO & BASEI, 1983) ou Complexo Granítico Socorro (CAMPOS NETO, 1984; MORAIS, 1998 e CPRM, 1999).

Os terrenos, quando desprovidos de cobertura vegetal densa, são suscetíveis à ação erosiva do escoamento superficial, que pode resultar na instalação de sulcos superficiais e profundos, e sua evolução para ravinas ou boçorocas, em geral induzidas pela concentração inadequada das águas pluviais (NAKAZAWA *et al.*, 1994) - **Figura 7.10 (b)**.

Compreendem ainda, segundo o Mapa de Erosão do Estado de São Paulo elaborado por Kertzman *et al.* (1995) e adaptado na **Figura 7.10**, os terrenos da Classe III, Subclasse IIIc, de suscetibilidade média à erosão, que ocupam a porção central da All, com encostas exibindo erosão laminar muito intensa, além de sulcos e ravinas muito frequentes - **Figura 7.10 (a)**.

Na porção centro-norte da All, encontram-se os terrenos da Classe IV, Subclasse IVa, caracterizados como de suscetibilidade baixa à erosão, com ocorrência de erosão laminar moderada a intensa, sulcos e ravinas pouco freqüentes, escorregamentos eventuais e solos residuais com muitos sulcos e ravinas.

De acordo com a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA *et al.* 1994), nos terrenos localizados na extremidade sudoeste da All – **Figura 7.10 (a)**, predominam as feições associadas com movimentos de massa, sendo reconhecidos como terrenos de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais ou induzidos – **Figura 7.10 (b)**. Esses terrenos, em grande parte, coincidem com aqueles de Kertzman *et al.* (1995) – **Figura 7.10 (a)**, classificados como terrenos da Classe II, Subclasse Iic, considerados de alta suscetibilidade à erosão e, de acordo com os autores, de ocorrência de freqüentes rastejos e escorregamentos.

b) Padrões de Formas Semelhantes (ROSS & MOROZ)

De acordo com o Mapa Geomorfológico de Ross & Moroz (1997), a All está inserida na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Essa unidade se encontra vinculada a vários ciclos orogênicos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. As diversas fases orogenéticas do Pré-cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético pós-Cretáceo, que perdurou até, pelo menos, o Terciário Médio, gerou soerguimento da Plataforma Sul Americana, reativou falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas como as serras da Mantiqueira e do Mar, e fossas tectônicas como as do Médio Vale do Paraíba do Sul (ROSS, 1990).

A All pertence, em grande parte, à Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico (ROSS & MOROZ, 1997), que compreende relevos sustentados por diversas litologias, quase sempre metamórficas associadas com intrusivas. Suas variações fisionômicas regionais possibilitam delimitar unidades geomorfológicas distintas, face às suas características geotectônicas, litológicas e estruturais, postas em evidência pelas atividades dos diversos ciclos erosivos pré e pós-cretácicos.

Relacionada à Morfoescultura Planalto Atlântico, foi reconhecida na All, e além dos seus limites, a Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí – **Figura 7.9 (c)**. A extremidade leste da All faz limite com a Unidade Morfológica Planalto e Serra da Mantiqueira, representada na região pelo tipo de relevo Dc43, onde se alojam as cabeceiras dos principais afluentes da margem direita do ribeirão do Toró.

No Planalto de Jundiaí, predominam as formas de relevo denudacionais, cujo modelado constitui-se, basicamente, por colinas e morros baixos com topos convexos (Dc). Os tipos de padrões e formas semelhantes são Dc14, Dc23, Dc24, Dc34, Da33, Da35, Dc32 e Dc43, e parte com morros altos com topos aguçados (Da), tipos Da34, Da43, com entalhamento dos vales variando entre 20m até 160m, e dimensão interfluvial entre menos de 250m até 1.750m.

No nível médio – onde está inserida a All – as altimetrias predominantes variam de 700m a 800m, e as declividades nos níveis mais baixos encontram-se entre 20% e 30%.

As litologias dessa Unidade compreendem granitos e quartzitos no nível alto, e gnaisses e migmatitos no nível médio.

A drenagem é do tipo dendrítica. Por se tratar de uma unidade com formas muito dissecadas, com vales entalhados e alta densidade de drenagem, a área apresenta um nível de fragilidade potencial alto, estando, portanto, sujeita à ocorrência de movimentos de massas e ao desencadeamento de processos erosivos lineares nos setores de vertentes mais altas.

Essa situação é mais comum no nível alto – com altimetrias entre 900m e 1.200m – que, de acordo com Ross & Moroz (1997), não ocorrem cartografadas na AII. Contudo, conforme levantamento de campo deve-se atentar para os processos erosivos, comuns na área, além da possibilidade, mais remota, de movimentos de massas.

De interesse para a AII, pode ainda ser individualizada, em diversos corpos restritos, a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, associada à Morfoescultura Planícies Fluviais.

As Unidades Morfológicas e/ou Morfoesculturais da AII, ainda de acordo com Ross & Moroz (1997), encontram-se cartografadas no Mapa Geomorfológico apresentado na escala 1:50.000.

b1) Tipos de Relevo com Forma Semelhante - Figura 7.9 (c)

O tipo de relevo Dc24, do Planalto de Jundiá, ocupa extensa porção da AII, onde se encontra inserida a AID/ADA. Compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 700m e 800m, e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m. Como litologias dominantes, ocorrem gnaisses e migmatitos, além de intrusões graníticas.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial é considerado alto. Ocorrem formas muito dissecadas, com vales entalhados e alta densidade de drenagem, sendo essas áreas classificadas como sujeitas aos processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com boçorocas.

O tipo de relevo Da34, da Unidade Planalto de Jundiá, está cartografado na extremidade sul-sudoeste da AII. Compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes acima de 900m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m. Como litologia dominante, ocorrem rochas granitóides pertencentes à Suíte Granítica Bragança Paulista (ou Complexo Granitóide Socorro).

O nível do parâmetro de fragilidade potencial é considerado alto. Ocorrem formas muito dissecadas, com vales pouco entalhados e alta densidade de drenagem, sendo classificadas essas áreas também como sujeitas aos processos erosivos agressivos,

com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com boçorocas.

O tipo de relevo Dc34, da Unidade Planalto de Jundiaí, ocorre cartografado além dos limites das extremidades sudeste e sudoeste da AII. Compreende relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m, e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é considerado médio, entre 40m a 80m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m. Como litologias dominantes ocorrem micaxistos, com eventuais exposições localizadas de gnaisses e/ou migmatitos.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial é considerado alto, com formas muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, sendo essas áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos, com ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com boçorocas.

O tipo de relevo Dc43, da Unidade Planalto e Serra da Mantiqueira, compreende relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 700m e 1000m, e declividades dominantes superiores entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é considerado forte, entre 80m a 160m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como média, entre 750m e 1750m. Como litologias dominantes ocorrem gnaisses, migmatitos e granitos.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial é considerado alto, com formas muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem. As áreas são classificadas como sujeitas aos processos erosivos agressivos, movimentos de massa e erosão linear com boçorocas.

Recobrimo parcialmente os tipos de relevos descritos anteriormente, pode estar presente a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais Apf (Morfoescultura Planícies Fluviais), que compreende áreas descontínuas localizadas na Morfoescultura do Planalto Atlântico (Morfoestrutura Cinturão Orogênico do Atlântico).

São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de agradação, e se encontram dispostos junto às margens dos rios, que, por serem áreas baixas e planas, estão sujeitas a inundações periódicas.

As Planícies Fluviais Apf apresentam declividades inferiores a 2% e se posicionam em diferentes níveis altimétricos, sendo formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Possuem potencial de fragilidade muito alto, pois são áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados.

c) Drenagem

A análise das bacias de drenagem dos ribeirões e rios que cortam os terrenos do Planalto de Jundiaí e, em menor escala, que drenam as encostas ocidentais do Planalto e da serra da Mantiqueira e a depressão da porção centro-norte da AII, bem como as áreas adjacentes ao empreendimento, é importante para o entendimento das mudanças

provocadas na morfologia, potencializadas pelas interferências antrópicas que ocorrem na região, com destaque para os processos de assoreamento.

Na região, destaca-se a bacia do rio Jaguari ao norte, na extremidade da All, que compreende o ribeirão do Lavapés e seus afluentes, ribeirão do Toró, ribeirão do Tabuão com sua cabeceira instalada na AID/ADA e, mais a jusante, o ribeirão da Água Clara. Esse sistema de drenagem drena os terrenos de planalto e se desenvolve na All, esculpindo a morfologia das colinas, morrotes e morros instalados no Planalto de Jundiá - **Figura 7.9 (d)**.

De interesse para a All, a bacia do rio Jaguari recebe, na sua margem esquerda, as águas da sub-bacia do ribeirão do Lavapés, que drena os terrenos da All, tendo sua cabeceira instalada na extremidade meridional da área avaliada. Na porção norte, o referido ribeirão recebe as águas do ribeirão do Toró na sua margem direita e, imediatamente a jusante, na mesma margem, desemboca o ribeirão Água Clara, pouco antes da confluência com o rio Jaguari.

Na AID/ADA, encontra-se instalada a cabeceira do ribeirão do Tabuão, que atravessa a ADA e se desenvolve por aproximadamente 3,5km, até seu desemboque na margem esquerda do ribeirão do Lavapés.

Os afluentes da margem esquerda do rio Jaguari, devido ao predomínio de rochas granitóides pouco orientadas de aspecto maciço, apresentam, preferencialmente, padrão dendrítico, mas quando adaptados às direções das estruturas regionais condicionam, com frequência, o padrão de drenagem em treliça, e podem apresentar trechos com traçados retilíneos e incisões em ângulos agudos, refletindo a influência dessas estruturas.

Associados às drenagens mais importantes, desenvolvem-se os depósitos aluviais caracterizados como pertencentes à Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais. Conforme descrito anteriormente, as planícies aluviais são constituídas por terrenos planos, de natureza sedimentar, com declividades inferiores a 2% e depósitos com diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados.

Figura 7.9. - Mapa Geomorfológico da AII, AID e ADA)

Figura 7.10. - Carta Geotécnica e Mapa de Erosão – AII, AID e ADA

7.2.4.2. Área de Influência Direta - AID e Área Diretamente Afetada - ADA

Na AID, ocorrem os Morrotes Dissecados (MTd). O manto de alteração é espesso e as vertentes, relativamente declivosas, exibem evidências de rastejo, movimento descendente e lento, contínuo ou sazonal, do manto de intemperismo, que pode afetar tanto os horizontes superficiais dos solos como o regolito e preceder, assim, a ocorrência de escorregamentos.

Bistrichi (2001), utilizando como base o trabalho de PIRES NETO (1996), definiu para a região Atibaia-Bragança Paulista as características morfométricas e o substrato rochoso dos principais tipos de relevo **Figura 7.9 (d)**.

Os Morrotes Dissecados (MTd) compreendem amplitudes entre 30m e 140m, apresentam comprimento de rampa entre 200m e 800m, e declividades entre 8% e 40%.

Segundo o autor, o substrato rochoso seria constituído por gnaisses, filitos e xistos. Contudo, conforme levantamento efetuado na AID e arredores, e de acordo com diversos trabalhos efetuados na região de Bragança Paulista e no local do aterro de resíduos ocorrem, sobretudo, rochas granitóides pertencentes às Suítes Graníticas Indiferenciadas (IPT, 1981a), ou denominadas de Complexo Granitóide Socorro (CPRM, 1999), ou ainda, de Suíte Bragança Paulista (MORAIS, 1998).

De acordo com ROSS & MOROZ (1997) - **Figura 7.9 (c)**, na AID/ADA ocorrem relevos de denudação constituídos por morros altos e alongados de topos convexos. Na ADA, as altimetrias foram definidas entre 870m e 920m, superiores àquelas predominantes entre 700m e 800m, descritas pelos autores. As declividades dominantes ocorrem entre 10% e 20% mas podem se aproximar de 30%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

Como litologia, foi observada a ocorrência de rochas granitóides associadas à suíte intrusiva Bragança Paulista.

Os afloramentos de rocha e matacões observados nas vertentes declivosas e nos taludes escavados da ADA sugerem suscetibilidade ao movimento de blocos. Parcialmente imersos em matriz siltico-arenosa em meio ao solo residual, esses blocos podem perder apoio por processos erosivos ou remoção do solo residual para utilização como material de empréstimo, ficando expostos e instáveis nas encostas dos morrotes dissecados ou taludes verticalizados existentes na ADA. Como no caso dos escorregamentos, não há registros da ocorrência de movimentos de blocos na área investigada **Figuras 7.10 (a) e (b)**.

Embora não tenham sido assinaladas cicatrizes de escorregamentos nas vertentes da AID, a execução inadequada de taludes (altura e inclinação excessivas) ou de aterros diversos (solos, entulhos, resíduos domésticos e industriais, etc.) pode desencadear o processo.

As vertentes da área, outrora recobertas por florestas semidecíduas, são hoje suscetíveis à ação erosiva do escoamento superficial concentrado, induzida por ações antrópicas, que se inicia com a instalação de sulcos superficiais ou mesmo profundos, e pode culminar na formação de ravinas e boçorocas.

Cortes efetuados na base das encostas dos Morrotes Dissecados, conformando taludes verticalizados e expondo o solo residual jovem derivado de rochas granitóides, são propícios para a instalação de processos de erosão tubular profunda ou piping. Após a instalação das cavidades formadas por esses processos, as mesmas acentuam o direcionamento das águas superficiais e evoluem para erosão na forma de sulcos profundos e ravinas.

A área de interesse abrange uma cabeceira de drenagem em anfiteatro, especificamente parte do interflúvio, uma encosta relativamente declivosa e uma parte do vale pouco amplo, e as altitudes locais variam entre 870m e 920m. A morfologia original do terreno há muito foi alterada pelas movimentações de terra e disposição de resíduos **Figuras 7.10 (a) e (b)**.

Próximo ao divisor, na extremidade da ADA, existe, ainda, uma das nascentes do ribeirão do Tabuão, formador do vale e afluente do ribeirão do Lavapés, tributário do rio Jaguari. Outra nascente, indicada na folha SF-23-Y-A-VI-4-SE-C, Bairro Campo Novo, do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (PCESP, 1979), foi drenada e recoberta pelos resíduos depositados no aterro.

Na ADA, o sistema de drenagem foi parcialmente reconstituído com base no levantamento topográfico da Folha Bairro Campo Novo, onde é possível reconhecer as cabeceiras do ribeirão do Tabuão, previamente à instalação do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**. Nas sondagens à percussão realizadas em 2002, assim como nos perfis de sondagens para a instalação dos poços de monitoramento, nota-se a presença de solos aluviais recobertos, parcialmente, por materiais de aterro.

O levantamento e a interpretação desses dados permitiram a reconstituição parcial da área onde se encontram depositados os solos aluviais na ADA.

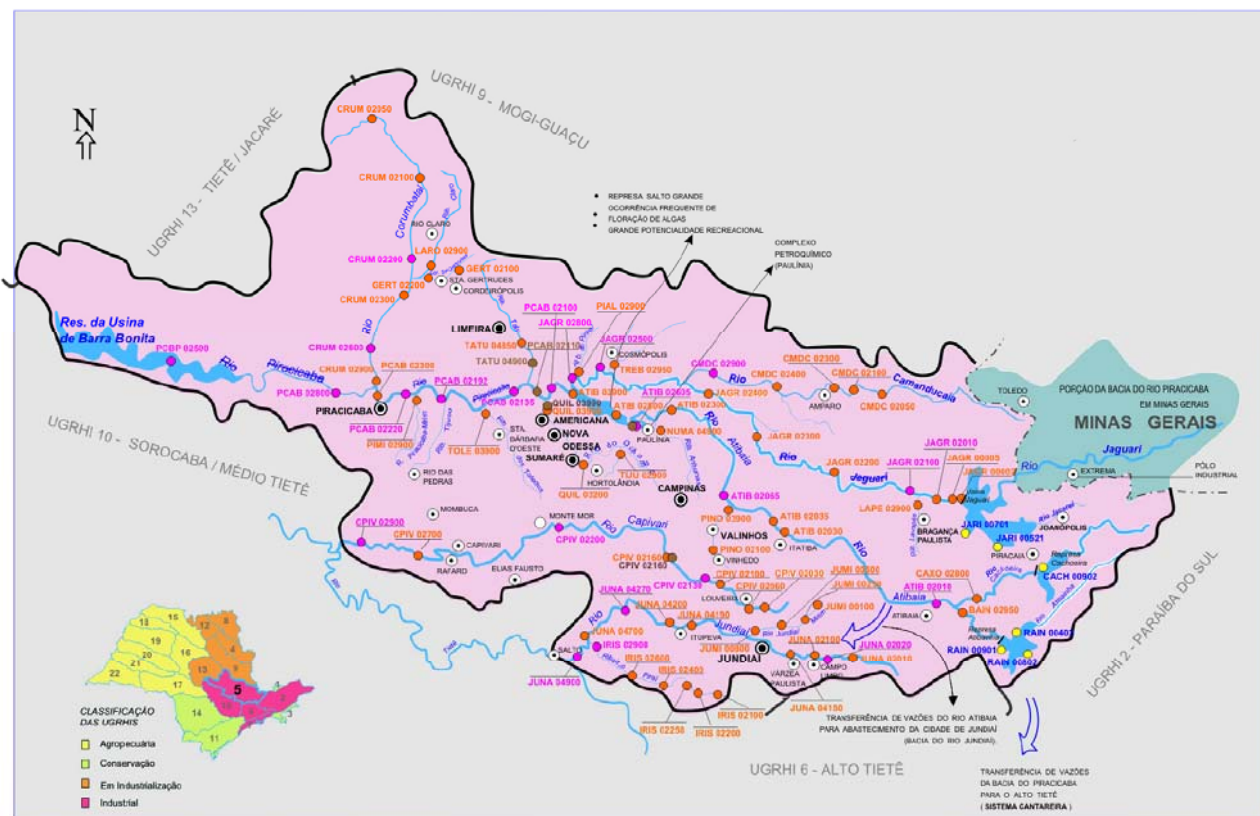
7.2.5. Recursos Hídricos

7.2.5.1. Águas Superficiais

a) Aspectos Regionais (Área de Interesse)

O empreendimento localiza-se na bacia do rio Jaguari na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos número 5, que compreende as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - UGRHI-PCJ, conforme apresentado na **Figura 7.11**.

Figura 7.11. - Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGRHI-5



Os rios Jaguari e Atibaia, pertencentes à bacia do Piracicaba, são mananciais do Sistema Cantareira, responsável por aproximadamente 60 por cento do abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), através da interligação de vários reservatórios, do Jaguari ao Juqueri. Por essa razão, o reservatório de Jaguari e quase todos os seus tributários são enquadrados pelo Decreto Estadual nº 10.755/77 na classe 1. Ressalte-se, contudo que este reservatório está a montante da sub-bacia que drena a área de estudo e, portanto, não é afetado por ela.

O rio Jaguari nasce no Estado de Minas Gerais e percorre 158 quilômetros até a confluência com o rio Piracicaba. A sub-bacia do Alto Jaguari, onde o empreendimento está localizado, tem 1.094,40 quilômetros quadrados e abrange os Municípios de Pedra Bela, Bragança Paulista, Tuiuti, Morungaba, Pedreira, Jaguariúna, Joanópolis, Vargem e Piracaia.

A UGRHI-5 apresenta, segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (2000), situação crítica quanto a disponibilidade de recursos hídricos superficiais. O balanço hídrico da bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá é indicado no **Quadro 7.8**.

Quadro 7.8. – Balanço Hídrico da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Precipitação Média		Escoamento Total		Evapotranspiração		Escoamento Básico	Vazão Mínima
mm/ano	m ³ /s	m ³ /s	%	mm/ano	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1.382	627	174	5,58	999	453	65	43

Fonte: Departamento de águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE in EIA – Embraliço – Ambiterro agosto – 2004.

O rio Jaguari é enquadrado na classe 2, conforme o Decreto Estadual nº 10.755/77. Segundo o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 2005), o referido rio apresentou, em 2005, um índice médio de qualidade para fins de abastecimento público (IAP) equivalente a ruim, no ponto de monitoramento identificado como JAGR 02100, situado logo à jusante da confluência do ribeirão Lavapés, que recebe as águas servidas da área urbana de Bragança Paulista. Quanto à proteção a vida aquática esse ponto apresentou um índice médio (IVA) equivalente a qualidade péssima.

Os dados do mencionado Relatório ressaltam o desenquadramento do rio para os parâmetros oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, manganês e mercúrio, para o ano de 2005, indicando a degradação da qualidade devido ao recebimento das águas do ribeirão Lavapés.

Adiante, próximo ao rio Piracicaba, o rio Jaguari, no ponto JAGR 02500, teve sua qualidade melhorada apresentando índice IAP regular, permanecendo ainda desenquadrados os parâmetros fósforo total e manganês.

b) Área de Influência Indireta (AII)

A área de influência indireta do empreendimento corresponde à bacia de drenagem do ribeirão Lavapés (antigo ribeirão Canivete), afluente do rio Jaguari. Esse curso de água nasce ao sul da cidade de Bragança Paulista, próximo à rodovia Fernão Dias, junto a sítios e áreas agrícolas, e flui no sentido norte, atravessando praticamente toda a área urbana do Município, desaguando no rio Jaguari, após um percurso total de cerca de 14 quilômetros.

Sua bacia drena uma área de aproximadamente 82 quilômetros quadrados (**Figura 7.12 – Bacia de Drenagem da AII**). O principal afluente do ribeirão Lavapés é o ribeirão do Toró, que drena parte da área urbana. Ele se insere predominantemente em área rural ou de transição.

O ribeirão Lavapés está enquadrado na classe 4, segundo o Decreto Estadual nº 10.755/77. Ele recebe praticamente todo o volume de esgotos gerados na área urbana de Bragança Paulista, que não dispõem de sistema de tratamento, e gera uma carga de 7.001 kg DBO/dia, segundo CETESB (2006)

O **Quadro 7.9**, a seguir, apresenta uma relação dos diferentes usos dos recursos hídricos superficiais na bacia do ribeirão do Lavapés, de acordo com o banco de dados de outorgas do DAEE.

Quadro 7.9. - Usos dos Recursos Hídricos na Bacia do Ribeirão Lavapés

Nome Rio	Usuario	Uso	Finalid/Us	Vazão (m3/h)	UTM_Norte (Km)	UTM_Leste (Km)
Lavapés	Publico	Barramento	Lazer/Passagem	NI	7,459.06	342.26
Sna2 Lavapés	Outros	Barramento	Lazer/Passagem	NI	7,459.23	343.22
Sna2 Lavapés	Loteador	Barramento	Drenagem	NI	7,458.58	343.25
Sna1 Toro	Aquicultor	Barramento	Hidroag.	NI	7,462.85	346.23
Sna1 Toro	Aquicultor	Barramento	Hidroag.	NI	7,462.87	346.30
Sna2 Lavapés	Uso Rural	Canalizacao	SOS	NI	7,458.95	338.76
Lavapés	Publico	Canalizacao	Urbanismo	NI	7,461.82	342.01
Lavapés	Publico	Canalizacao	Outros	NI	7,459.05	342.25
Sna1 Lavapés	Outros	Canalizacao	Outros	NI	7,459.56	342.87
Sna2 Lavapés	Loteador	Canalizacao	Drenagem	NI	7,458.56	343.23
Toro	Loteador	Canalizacao	Outros	NI	7,462.38	344.23
Lavapés	Aquicultor	Captacao Superficial	Hidroag.	2.00	7,463.95	338.85
Lavapés	Aquicultor	Captacao Superficial	Hidroag.	5.00	7,464.10	338.90
Sna3 Lavapés	Publico	Captacao Superficial		NI	7,457.75	339.85
Tabuão	Industrial	Captacao Superficial	Industrial	2.00	7,462.37	340.27
Sna2 Lavapés	Publico	Captacao Superficial		6.00	7,456.25	340.65
Sna1 Lavapés	Avicultor	Captacao Superficial	Rural	0.23	7,457.20	341.20
Sna1 Toro	Aquicultor	Captacao Superficial	Hidroag.	1.00	7,462.91	346.25
Sna1 Toro	Aquicultor	Captacao Superficial	Hidroag.	1.00	7,462.88	346.30
Lavapés	Publico	Desassoreamento	Desassor./Limp.	NI	7,466.43	341.50
Lavapés	Aquicultor	Lancamento	Hidroag.	5.00	7,464.15	339.14
Tabuão	Industrial	Lancamento	Industrial	12.80	7,462.33	340.22
Lavapés	Industrial	Lancamento	Sanit./Indust.	5.00	7,464.27	340.90
Lavapés	Publico	Lancamento		513.00	7,464.35	340.95
Lavapés	Publico	Lancamento	Sanitário	1,440.00	7,465.66	341.48
Lavapés	Publico	Lancamento		520.00	7,459.80	341.77
Sna1 Toro	Aquicultor	Lancamento	Hidroag.	1.00	7,462.87	346.25
Sna1 Toro	Aquicultor	Lancamento	Hidroag.	1.00	7,462.85	346.30
Sna1 Campo Novo	Publico	Travessia	Passagem	NI	7,459.90	337.39
Sna2 Lavapés	Publico	Travessia	Passagem	NI	7,459.12	338.45
Sna2 Lavapés	Loteador	Travessia	Passagem	NI	7,458.36	342.92

NI = Não informado

Fonte (DAEE, 1984) in EIA – Embraliço – Ambiterro agosto – 2004.

Figura 7.12. – Bacia de Drenagem da All

c) Área de Influência Direta (AID)

c1) Descrição da Bacia de Drenagem e Disponibilidade Hídrica (Comportamento Natural da Dinâmica Hidrológica)

A área de influência direta do empreendimento insere-se na bacia de drenagem do ribeirão do Tabuão (**Figura 7.13** - Bacia de Drenagem da AID e ADA), afluente do ribeirão Lavapés. A nascente e parte do alto curso encontram-se dentro da área de intervenção. A intervenção na nascente e em parte do curso d'água foi objeto do processo SMA 64342/03 que a aprovou conforme Autorização 014/03.

O ribeirão do Tabuão, do limite da área de intervenção até a confluência com o ribeirão Lavapés, tem aproximadamente 5 quilômetros de extensão. Sua bacia drena 11,4 quilômetros quadrados. Aproximadamente 0,4 quilômetro do limite da área do empreendimento, o ribeirão forma uma lagoa, assoreada e dominada por taboas, ponto onde aflui um pequeno tributário da margem direita. Nesse trecho, o ribeirão possui uma largura média de 35 centímetros e 5 centímetros de profundidade. Após o primeiro lago, a largura passa para aproximadamente 1 metro e a profundidade, a 3 centímetros.

A jusante da área do empreendimento, o ribeirão do Tabuão apresenta vegetação herbácea pioneira em suas margens. Daí, esse curso d'água atravessa uma área urbanizada, o Jardim São Miguel de onde aflui para uma lagoa, junto à rodovia SP-095.

Nesse último trecho recebe esgotos residenciais e suas margens estão completamente alteradas, sem vegetação significativa. Dessa lagoa, o ribeirão segue paralelo à rodovia SP-095, por área pouco ocupada do Jardim São Miguel, até a confluência com um pequeno curso d'água. Posteriormente cruza a SP-095, em direção ao ribeirão Lavapés.

Para se estimar a disponibilidade hídrica das bacias citadas (comportamento natural da dinâmica hidrológica), utilizou-se o método da Regionalização Hidrológica do DAEE (1988) com a precipitação anual de 1682,5 milímetros, indicada nos estudos climatológicos. Obteve-se a vazão média específica de 20,54 l/s/km², e uma vazão $Q_{7,10}$ específica de 4,99 l/s/km². O **Quadro 7.10** apresenta as vazões calculadas.

Quadro 7.10. - Avaliação da Disponibilidade Hídrica – Bacia do Ribeirão Tabuão

Parâmetro	Bacia do ribeirão do tabuão: porção incluída na área de intervenção (cabeceira)	Bacia do ribeirão do tabuão: entre a área de intervenção e bairro jardim são miguel	Bacia do ribeirão do tabuão: área total
Área (km ²)	0,34	1,6	11,4
Vazão média (l/s)	7,0	32,9	234,2
Vazão Q _{7,10} (l/s)	1,7	8,0	56,9

Q_{7,10}: vazão média de sete dias consecutivos, com período de retorno de 10 anos

Fonte: EIA – Embraliço – Ambiterro agosto – 2004.

Estima-se, assim, que a porção da bacia do ribeirão do Tabuão incluída na área do empreendimento corresponde a cerca de 20 por cento da vazão da sub-bacia até o bairro Jardim São Miguel e 3 por cento da vazão de toda a bacia. Isso significa que a capacidade de diluição do ribeirão do Tabuão no bairro Jardim São Miguel equivale a aproximadamente quatro vezes aquela da área de influência direta e na exutória da bacia essa capacidade seja superior a 30 vezes.

Em maio de 2004, foi feita uma medida expedita de vazão baseada no método de corpos flutuantes, na divisa da propriedade, que resultou em 4,25 litros por segundo, valor compreendido entre as vazões média e Q_{7,10}, concluindo-se que as vazões apresentadas no **Quadro 7.10** são representativas da descarga natural.

c2) Usos D'água

O ribeirão do Tabuão é enquadrado na Classe 2 (pois não é especificamente citado no Decreto Estadual n 10.755/77). Observa-se no **Quadro 7.9** que há um ponto de captação de água e outro de lançamento de efluentes no ribeirão do Tabuão, ambos para usos industriais, situados à jusante da lagoa próxima à SP-095.

A principal forma de uso da água do ribeirão do Tabuão, registrada entre a área de intervenção e a lagoa acima citada (e ressalta-se que não é um uso outorgado) é o lançamento de esgotos sem tratamento, concentrado nos arredores do bairro Jardim São Miguel. O bairro é servido por abastecimento público de água e o aterro, por água potável fornecida por caminhões-pipa.

Na porção oeste da área do empreendimento, onde o uso é predominantemente rural (pequenas fazendas e sítios), existem as nascentes do córrego Campo Novo, cujas águas são utilizadas para o abastecimento local (Esse curso de água não está nas áreas de estudo, mas foi utilizado como referência pela Consultora Paulista, por não sofrer efeito do aterro atual).

Figura 7.13. – Bacia de Drenagem da AID e ADA

7.2.5.2. Qualidade da Água

Para a caracterização da Qualidade das Águas da área de estudo foram coletadas e analisadas amostras em dois pontos do curso do ribeirão do Tabuão e em um ponto no córrego Campo Novo (fora da área de influência do aterro).

O primeiro ponto de coleta no ribeirão do Tabuão foi definido como trecho de montante, ou seja, amostras coletadas a montante da área de influência do aterro. No segundo ponto, as amostras foram coletadas no mesmo corpo d'água, no limite da área do aterro com a propriedade vizinha, e foi nomeado como trecho de jusante, ou seja, amostras coletadas no trecho sujeito à influência do aterro sanitário.

As amostras de montante foram coletadas em um ponto canalizado da nascente que passa dentro da área do aterro.

O terceiro ponto de amostragem foi no córrego Campo Novo, em propriedade particular, localizada na estrada do Campo Novo a cerca de 2 km da área do aterro. As amostras foram coletadas em uma tubulação canalizada da nascente que forma o córrego Campo Novo, na entrada de uma caixa d'água, que abastece esta propriedade (vizinha à área do empreendimento).

A utilização de apenas um ponto de jusante foi considerada suficiente nessa fase de diagnóstico, visto que a jusante a bacia é ocupada por área urbana (com baixa cobertura de rede de esgoto) e possui indústrias e que poderão estar afetando a qualidade da água.

Devido à ocupação da bacia já se antecipa que as águas desse ribeirão não deveriam ser a primeira opção para captar água para uso doméstico.

O Mapa de “Localização dos Pontos de Coleta e Linhas de Fluxo” (Vide Anexo 1 do Relatório de Monitoramento Semestral de Outubro/07 elaborado pela Consultoria Paulista de Estudos Ambientais e constante no **Anexo 4** do presente EIA) apresenta a distribuição dos pontos de amostragem das águas superficiais, na Área Diretamente Afetada.

A amostragem das águas superficiais foi simples, ou seja, obtida diretamente no corpo d'água sendo que o **Quadro 7.11** apresenta um resumo da amostragem de água superficial as datas e a relação dos parâmetros analíticos que foram determinados. Foram duas datas de coletas apenas para coliformes.

Quadro 7.11. - Amostragem das Águas Superficiais na Área do Aterro Sanitário

Ponto amostrado	Data da coleta	Parâmetros analíticos determinados
Ribeirão Tabuão (montante)	10/01 e 15/03/06	Metais e semi-metais totais (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn), Cloreto, Cianeto, Cr^{6+} , Fluoreto, Fe e Mn solúveis, Coliformes fecais e totais, série do N (nitrito, nitrato, amoniacal e Kjeldahl), Sólidos (dissolvidos e suspensos), Sulfato, Sulfeto, Fósforo total, varredura de compostos orgânicos (VOCs, semi-VOCs, PAHs, PCBs e fenóis), alcalinidade, DBO e DQO.
Ribeirão Tabuão (jusante)	10/01 e 15/03/06	
Córrego Campo Novo	12/01 e 15/03/06	

Foram também realizadas medições em campo, nas águas superficiais, de alguns parâmetros físico-químicos (pH, EH, CE, OD, STD e T) sendo que no **Quadro 7.12** estão indicados os resultados dessas medições.

Quadro 7.12. - Resultados das Medições de Alguns Parâmetros Físico-químicos nas Águas Superficiais

Ponto amostrado	pH	CE ($\mu S/cm$)	OD (mg/L)	T ($^{\circ}C$)	E _H (mV)	STD (mg/L)	Observação
Ribeirão Tabuão (montante)	5,90	44	5,38	24,0	69	22	Águas límpidas
Ribeirão Tabuão (jusante)	6,72	448	3,55	23,2	-55	224	Águas turvas
Córrego Campo Novo	4,63	76	6,10	27,2	164	38	Águas límpidas

Observe-se que, por esses parâmetros, as águas do ribeirão do Tabuão (montante) e do córrego Campo Novo apresentam-se equivalentes (mais preservadas) quando comparadas com a do ribeirão do Tabuão (jusante) com maior conteúdo iônico.

Com base nos dados obtidos em campo, observou-se que existe uma alteração na qualidade das águas do ribeirão Tabuão no trecho de jusante, constatada pelo aumento no valor de condutividade elétrica e queda nos níveis de concentração de OD em relação ao trecho de montante (**Quadro 7.12**).

a) Compostos Orgânicos

Os **Quadros 7.13, 7.14 e 7.15** apresentam os resultados analíticos obtidos para os compostos orgânicos: PCBs totais, SVOCs e VOCs determinados nas amostras de água superficial, respectivamente.

Não foram quantificados compostos orgânicos nas águas superficiais acima dos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

É importante mencionar que para atingir o limite de 10 ppt (partes por trilhão) para o composto hexaclorobenzeno, as amostras ribeirão do Tabuão-montante, ribeirão do Tabuão – jusante e córrego Campo Novo foram recoletadas e reanalisadas pelo método EPA8081, recorrendo-se a técnica de GC-ECD, bastante sensível para compostos clorados.

No entanto, o limite apresentado para estas amostras ainda está acima do proposto no CONAMA 357-classe 2 (6,5 ppt). Da mesma forma, visando atingir o menor limite de quantificação possível para o composto 2-clorofenol, as amostras citadas foram reanalisadas por GC-MS em modo SIM. Assim como o hexaclorobenzeno, o limite de quantificação para o 2-clorofenol (0,5 ppb) também esteve acima do proposto no CONAMA 357-classe 2 (0,1 ppb).

Quadro 7.13. - Resultados de PCBs nas Amostras de Água Superficial (µg/L)

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
2,4,4-triclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,2,5,5-tetraclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,24,5,5-pentaclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010
PCBs totais	0,001	< 0,010	< 0,010	< 0,010

Legenda:

■ Acima do padrão

Quadro 7.14. - Resultados de SVOCs nas Amostras de Água Superficial (µg/L)

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
1,2,4- triclorobenzeno	20 *	< 2	< 2	< 2
1,2-diclorobenzeno	-	< 2	< 2	< 2
1,3-diclorobenzeno	-	< 2	< 2	< 2
1,4-diclorobenzeno	-	< 1,5	< 1,5	< 1,5
2,4,5-triclorofenol	-	< 2	< 2	< 2
2,4,6-triclorofenol	10	< 2	< 2	< 2
2,4-diclorofenol	0,30	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dimetilfenol	-	< 2	< 2	< 2
2,4-dinitrofenol	-	< 2	< 2	< 2
2,4-dinitrotolueno	-	< 2	< 2	< 2
2,6-dinitrotolueno	-	< 2	< 2	< 2
2-clorofenol	0,10	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2-cloronaftaleno	-	< 2	< 2	< 2
2-metilfenol	-	< 2	< 2	< 2
2-metilnaftaleno	-	< 10	< 10	< 10
2-nitroanilina	-	< 2	< 2	< 2
2-nitrofenol	-	< 2	< 2	< 2
3,3-diclorobenzidina	-	< 1,5	< 1,5	< 1,5
3-nitroanilina	-	< 2	< 2	< 2
4,6-dinitro-2-metilfenol	-	< 10	< 10	< 10
4-bromofenil fenil eter	-	< 10	< 10	< 10
4-cloro-3-metilfenol	-	< 2	< 2	< 2
4-cloroanilina	-	< 10	< 10	< 10
4-clorofenil fenil eter	-	< 2	< 2	< 2
4-metilfenol	-	< 2	< 2	< 2
4-nitroanilina	-	< 2	< 2	< 2
4-nitrofenol	-	< 2	< 2	< 2
Acenaftaleno	-	< 2	< 2	< 2
Acenafteno	-	< 2	< 2	< 2
Antraceno	-	< 2	< 2	< 2
Benzo(a)antraceno	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(a)pireno	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(b)fluoranteno	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(g,h,i)perileno	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranteno	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bis(2-cloroetoxy)metano	-	< 2	< 2	< 2
Bis(2-cloroetil)eter	-	< 2	< 2	< 2
2,2-Oxibis(1-cloropropano)	-	< 10	< 10	< 10
Bis(2-etilhexil)ftalato	-	< 2	< 2	< 2
Butilbenzifalato	-	< 2	< 2	< 2
Carbazole	-	< 2	< 2	< 2
Criseno	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibenzofurano	-	< 10	< 10	< 10
Dietilftalato	-	< 2	< 2	< 2
Dimetil ftalato	-	< 2	< 2	< 2

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Di-n-octilftalato	-	< 2	< 2	< 2
Di-n-butilftalato	-	< 2	< 2	< 2
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Fluoranteno	-	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Fluoreno	-	< 2	< 2	< 2
Hexaclorobenzeno	0,0065	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobutadieno	-	< 0,75	< 0,75	< 0,75
Hexaclorociclopentadieno	-	< 2	< 2	< 2
Hexacloroetano	-	< 2	< 2	< 2
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Isoforono	-	< 2	< 2	< 2
Naftaleno	-	< 2	< 2	< 2
Nitrobenzeno	-	< 2	< 2	< 2
n-nitrosodifenilamina	-	< 2	< 2	< 2
n-nitroso-di-n-propilamina	-	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fenantreno	-	< 2	< 2	< 2
Pentaclorofenol	9	< 2	< 2	< 2
Pireno	-	< 2	< 2	< 2

Legenda:

■ Acima do padrão

* Somatória para triclorobenzenos = 20 µg/L.

Quadro 7.15. - Resultados de VOCs nas amostras de água superficial (µg/L)

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
1,1,1,2-tetracloroetano	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,1,1-tricloroetano	-	< 5	< 5	< 5
1,1,2,2-tetracloroetano	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,1,2-tricloroetano	-	< 5	< 5	< 5
1,1-dicloroetano	-	< 5	< 2	< 5
1,1-dicloroeteno	3	< 2	< 2	< 2
1,1-dicloropropeno	-	< 2	< 2	< 2
1,2,3-triclorobenzeno	20 *	< 5	< 5	< 5
1,2,3-tricloropropano	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-dibromo-3-cloropropano	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-dibromoetano	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
1,2-diclorobenzeno	-	< 5	< 5	< 5
1,2-dicloroetano	10	< 5	< 5	< 5
1,2-dicloropropano	-	< 5	< 5	< 5
1,3-diclorobenzeno	-	< 5	< 5	< 5
1,3-dicloropropano	-	< 5	< 5	< 5
1,4-diclorobenzeno	-	< 5	< 5	< 5
Benzeno	5	< 5	< 5	< 5

b) Metais

Os resultados analíticos obtidos para os metais e semi-metais totais determinados nas amostras de água superficial estão indicados no **Quadro 7.16**.

Quadro 7.16. - Resultados de Metais e semi-metais nas Amostras de Água Superficial (µg/L)

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Alumínio total	-	427	369	< 100
Alumínio dissolvido	100	138	< 100	< 100
Arsênio total	10	< 10	< 10	< 10
Arsênio dissolvido	-	< 10	< 10	< 10
Bário total	700	408	594	425
Bário dissolvido	-	406	593	425
Cádmio total	1	< 1	< 1	< 1
Cádmio dissolvido	-	< 5	< 5	< 1
Chumbo total	10	< 10	< 10	< 10
Chumbo dissolvido	-	< 10	< 10	< 10
Cobre total	-	3,18	3,98	< 6
Cobre dissolvido	9	< 6	< 6	< 6
Cromo total	50	< 10	< 10	< 10
Cromo dissolvido	-	< 10	< 10	< 10
Cromo VI	-	< 50	< 50	< 50
Ferro total	-	813	19.913	< 300
Ferro dissolvido	300	718	19.913	< 300
Manganês total	100	60	576	< 20
Manganês dissolvido	-	60	576	< 20
Zinco total	180	442	399	190
Zinco dissolvido	-	441	344	190
Mercurio total	0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20

Legenda:

■ Acima do padrão

No ponto ribeirão do Tabuão (montante) observam-se valores elevados de alumínio total e dissolvido, ferro total e dissolvido e zinco total e dissolvido. O ponto córrego Campo Novo também apresenta valor relativamente elevado para zinco total e dissolvido. Como no percolado (**Quadro 7.17**) os valores de alumínio e zinco são inferiores aos citados acima se induz que esses teores elevados sejam naturais das micro bacias amostradas.

Observa-se que houve um aumento significativo das concentrações de Fe e Mn nas águas de jusante do ribeirão do Tabuão em relação ao trecho de montante, que pode ser atribuído a uma possível interferência em função do sistema de drenagem superficial de percolado na área do aterro, considerando que estes elementos se encontram em concentrações também elevadas no percolado (**Quadro 7.17**). Esses parâmetros (ferro, manganês e zinco) estão com valores superiores ao padrão do CONAMA 357 e inadequados para o abastecimento humano.

Quadro 7.17. - Resultados de Metais e Semi-metais nas Amostras de Percolado (µg/L)

Parâmetro	Pontos de Coleta	
	Percolado Caixa 1	Percolado Caixa 2
Alumínio total	1.855	< 100
Alumínio dissolvido	< 100	< 100
Arsênio total	40,0	18,2
Arsênio dissolvido	39,9	18,2
Bário total	327	485
Bário dissolvido	112	147
Cádmio total	< 5	5,3
Cádmio dissolvido	< 5	< 5
Chumbo total	< 10	< 10
Chumbo dissolvido	< 10	< 10
Cobre total	32,1	< 30
Cobre dissolvido	< 30	< 30
Cromo total	127	33,7
Cromo dissolvido	< 10	< 10
Cromo VI	< 50	< 50
Ferro total	14.800	11.176
Ferro dissolvido	1.380	< 300
Manganês total	340	298
Manganês dissolvido	47,7	55,9
Zinco total	185	21,3
Zinco dissolvido	35,6	< 20
Mercurio total	< 1	< 1

Como citado anteriormente, as águas do ribeirão do Tabuão apresentaram concentrações totais de Zn superiores ao padrão de qualidade, estando associadas muito provavelmente às características naturais da área do aterro, pois os valores de concentrações continuaram muito semelhantes tanto nas águas de montante quanto de jusante deste corpo d'água.

c) Nutrientes (Série do NITROGÊNIO e FÓSFORO), Sulfato e Sulfeto

Os resultados analíticos obtidos para os nutrientes (série do nitrogênio e fósforo), sulfato e sulfeto determinados nas amostras de água de superfície estão indicados no **Quadro 7.18**.

Quadro 7.18. - Resultados de Nutrientes, Sulfato e Sulfeto nas Amostras de Água Superficial

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Nitrogênio Kjeldahl total (mgN/L)	-	0,56	11,3	0,86
Nitrogênio amoniacal total (mgN/L)	3,7 (pH ≤ 7,5)	< 0,20	1,28	< 0,20
Nitrato (mgN/L)	10	0,83	0,33	2,7
Nitrito (mgN/L)	1	< 0,02	0,18	< 0,02
Fosfato total (mgP/L)	0,05	0,23	0,63	0,10
Sulfato (mg/L)	250	< 5	< 5	< 5
Sulfeto total (mg/L)	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Legenda:

Acima do padrão

De um modo geral, os valores de concentração determinados para os nutrientes, sulfato e sulfeto nas águas superficiais não se mostraram superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, com exceção do fósforo. O fósforo total apresentou valores superiores ao padrão de qualidade definido para águas de Classe 2.

Cabe ressaltar que a concentração de fósforo total está elevada para o ribeirão do Tabuão e para o córrego Campo Novo, podendo ambas também estar associadas às características geológicas, pedológicas e uso e ocupação de suas microbacias de drenagem.

As concentrações de fósforo total e de todas as formas de nitrogênio determinadas nas águas superficiais amostradas evidenciam uma alteração na qualidade das águas de jusante do ribeirão do Tabuão em relação ao trecho de montante, possivelmente influenciadas pela drenagem superficial de líquido percolado proveniente do aterro sanitário para esse corpo de água.

d) Cloreto, Cianeto e Fluoreto

Os resultados analíticos obtidos para cloreto, cianeto total e fluoreto, determinados nas amostras de água de superfície, estão indicados no **Quadro 7.19**. Os valores de concentração não se mostraram superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

As concentrações de cloreto determinadas nas águas superficiais amostradas evidenciam uma alteração na qualidade das águas de jusante do ribeirão do Tabuão em relação ao trecho de montante, possivelmente influenciadas pela drenagem de líquido percolado proveniente do aterro sanitário para este corpo d'água.

Quadro 7.19. - Resultados de Cloreto, Cianeto e Fluoreto nas Amostras de Água Superficial

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Cloreto (mg/L)	250	2,5	96,8	7,9
Cianeto total (mg/L)	—	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoreto (mg/L)	1,5	< 0,50	< 0,50	< 0,50

Legenda:

■ Acima do padrão

e) Alcalinidade

Os resultados analíticos obtidos para alcalinidade (total, bicarbonato, carbonato, hidróxido e CO₂ dissolvido) determinados nas amostras de água superficial estão indicados no **Quadro 7.20**.

Quadro 7.20. - Resultados da Alcalinidade nas Amostras de Água Superficial

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	-	16,7	140	56,7
Bicarbonato (mg/L)	-	10	84	34,6
Carbonato (mg/L)	-	< 1,2	< 1,2	< 1,2
Hidróxido (mg/L)	-	< 2	< 2	< 2
CO ₂ dissolvido (mg/L)	-	13,3	12,5	143

Legenda:

■ Acima do padrão

De maneira semelhante ao nitrogênio Kjeldahl e amoniacal e ao cloreto, observa-se uma tendência de aumento nas concentrações de alcalinidade total e bicarbonato nas águas de jusante do ribeirão do Tabuão, sendo estas concordantes com o maior valor de condutividade elétrica medida em campo em relação ao trecho de montante (ver **Quadro 7.12**). Estes parâmetros dão indicação das características químicas naturais das águas e de possíveis interferências associadas à presença de matéria orgânica em decomposição. Como os resultados analíticos no líquido percolado mostraram valores de concentração bastante elevados para alcalinidade total e bicarbonato (ver **Quadro 7.21**), pode-se dizer que as águas do ribeirão do Tabuão no seu trecho a jusante do aterro estão sofrendo interferência em sua qualidade, ocasionada pela drenagem superficial de chorume gerado a partir da compactação da massa de resíduos sólidos.

Quadro 7.21. - Resultados de Alcalinidade nas Amostras de Percolado

Parâmetro	Pontos de Coleta	
	Percolado Caixa 1	Percolado Caixa 2
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	2.976	3.478
Bicarbonato (mg/L)	1.815	2.122
Carbonato (mg/L)	< 1,2	< 1,2
Hidróxido (mg/L)	< 2	< 2
CO ₂ dissolvido (mg/L)	29,8	110

f) Bactérias Coliformes

Os resultados analíticos obtidos para as bactérias coliformes totais e fecais analisadas nas amostras de água superficial estão indicados no **Quadro 7.22**.

Foram realizadas duas campanhas de amostragem de águas superficiais para análises de bactérias coliformes totais e fecais, para avaliar a possível influência da disposição de lixo na área do aterro sanitário. Em função dos primeiros resultados terem mostrado a presença de bactérias coliformes totais na amostra do córrego Campo Novo, que não tem influência direta do aterro sanitário, houve a necessidade de uma segunda campanha de amostragem para avaliação e comparação entre os respectivos dados obtidos.

Quadro 7.22. - Resultados de Bactérias Coliformes Totais e Fecais nas Amostras de Água Superficial (NMP/100mL)

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
Coliformes totais - 1a. Campanha	1.000 para coliformes termotolerantes	23	110.000	1.100
Coliformes totais - 2a. Campanha		11.000	210	20
Coliformes fecais - 1a. Campanha		4	46.000	21
Coliformes fecais - 2a. Campanha		4.000	210	Ausente

Legenda:

■ Acima do padrão

Os resultados obtidos para as águas superficiais do ribeirão do Tabuão mostram que há uma presença de coliformes na área do aterro e de um modo geral, as águas do ribeirão do Tabuão não atendem aos padrões de qualidade para águas de Classe 2, apresentando valores de coliformes termotolerantes (fecais) acima de 1.000 NMP/100mL e portanto inadequado para uso humano.

As águas do córrego Campo Novo apresentaram um número de bactérias totais possivelmente devido à presença de uma área de granja, com criação de aves, próxima à caixa de armazenamento de água deste corpo d'água, onde foram feitas as coletas.

g) DBO e DQO

Os resultados analíticos obtidos para DBO e DQO determinados nas amostras de água superficial estão indicados no **Quadro 7.23**.

Quadro 7.23. - Resultados de DBO e DQO nas Amostras de Água Superficial

Parâmetro	Padrão de Qualidade (Classe 2) CONAMA 357/05	Pontos de Coleta		
		Ribeirão Tabuão (montante)	Ribeirão Tabuão (jusante)	Cór. Campo Novo (montante)
DBO (mg/L)	≤ 5	< 2	10	< 2
DQO (mg/L)	-	< 5	39	< 5

Legenda:

■ Acima do padrão

Os valores de concentração determinados para DBO e DQO também mostraram que as águas do ribeirão do Tabuão estão sofrendo alteração na sua qualidade, pois a concentração de DBO supera 5 mg/L no trecho de jusante (inadequado para uso humano), sendo concordante com o fato das águas de jusante terem apresentado uma concentração de OD inferior ao trecho de montante e concentrações de N-Kjeldahl e amoniacal, fósforo, cloreto, alcalinidade e condutividade elétrica (medida em campo) superiores aos valores de referência para este corpo d'água (trecho de montante).

Com referência à eventual contaminação das águas superficiais no entorno do aterro existente, cabe esclarecer que a área do aterro sanitário da **Embraliço** vem sendo monitorada desde 2007, conforme exigências do Parecer Técnico 266/ESCA/06, para verificação da qualidade da água superficial no ribeirão do Tabuão e água subterrânea nos poços de monitoramento instalados na área do aterro. Além disso, é realizada a amostragem no efluente do aterro, nas duas caixas coletores existentes, a fim de verificar uma possível interferência do percolado com os recursos hídricos da região. Os relatórios técnicos dessa Investigação Ambiental e Monitoramento Semestral fazem parte do processo nº 60/0834/05 na CETESB.

h) Conclusões

Em relação aos estudos e investigações que a Consultoria Paulista vem efetuando na área, transcreve-se a seguir as conclusões e recomendações do relatório de outubro de 2007, último relatório consolidado até a data da entrega deste EIA. As análises das campanhas de 2008 encontram-se na fase consolidação.

“De acordo com os relatórios técnicos referentes à investigação detalhada do aterro (“Investigação Detalhada do Aterro Sanitário de Bragança Paulista. Maio de 2006” e “Trabalhos Complementares. Setembro de 2006”), com o Parecer Técnico da

CETESB nº266/ESCA/07 e com os resultados das duas campanhas de monitoramento realizadas em 2007, conclui-se:

- Comparando os resultados obtidos na água subterrânea, superficial e percolado nas duas campanhas de monitoramento realizadas em 2007, observa-se:
 - Os resultados de metais e semi-metais dos poços de monitoramento corroboram com os resultados obtidos na campanha realizada em março de 2007;
 - Apesar dos resultados apresentados neste relatório serem considerados um retrato da qualidade da água no momento da coleta, as concentrações de metais e semimetais obtidas em outubro de 2007 indicam uma possível melhoria da qualidade do ribeirão do Tabuão quando comparado com as demais campanhas de monitoramento;
 - Existe um aporte de nitrogênio, fósforo e cloreto no PM-21 e ribeirão do Tabuão, de acordo com os resultados obtidos nesta campanha. Os resultados destes parâmetros são elevados nas caixas de percolado o que pode indicar um provável escoamento superficial do chorume para o corpo de água;
 - As concentrações dos parâmetros avaliados na 1ª Campanha de Monitoramento (março de 2007) nas duas caixas de percolado confirmam os resultados obtidos na 2ª Campanha de Monitoramento.
- De acordo com as recomendações do Parecer Técnico supracitado é necessário a “revisão dos aspectos operacionais do aterro para se evitar o escoamento superficial de chorume até o curso de água e que seja mantido o programa de qualidade da água subterrânea (...)”, dentre as melhorias propostas observa-se:
 - As caixas de percolado foram fechadas, mantido um respiro para eliminação de gases evitando que durante as chuvas as caixas transbordem e acabem extravasando o chorume para fora, atingindo o solo da área que deve ser constantemente preservado;
 - A periodicidade da coleta de chorume foi aumentada visando evitar o transbordamento das caixas;
 - A manutenção dos poços de monitoramento na área do aterro foi realizada nas duas campanhas de coleta realizadas em março e outubro 2007;
 - O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e superficiais ocorreu com frequência semestral no primeiro ano de implantação do Monitoramento da área do aterro, conforme modificado pelo Parecer Técnico;
 - Os parâmetros amostrados nas duas campanhas de monitoramento foram metais e semi-metais totais (listagem dos valores orientadores da CETESB, 2005), e nutrientes (P total e N- amoniacal), cloreto e DBO.

- Tendo em vista as obras de ampliação do aterro, observa-se:

Os poços de monitoramento PM-10, PM-10A, PM-11, PM-18 e PM-19 foram selados em dezembro de 2007 (antes do início das obras de ampliação do aterro) conforme apresentado na Figura 1 (Anexo 1) do Relatório de Monitoramento Semestral de Outubro/07 elaborado pela Consultoria Paulista de Estudos Ambientais e o Relatório de Tamponamento dos Poços (ambos os relatórios encontram-se no **Anexo 4** do presente EIA). Como os poços PM-11 e PM-19 fazem parte das campanhas de monitoramento, verifica-se a necessidade de reinstalação dos poços a fim de dar continuidade as linhas de fluxo propostas no Parecer Técnico nº 266/ESCA/2006 e as campanhas de monitoramento. Os demais poços serão reconstruídos caso haja necessidade de acordo com os resultados dos monitoramentos futuros e obras de ampliação do aterro.

No caso de aterramento ou modificações no terreno caso mude a cota dos poços de monitoramento é necessário a realização de uma nova topografia para obtenção das novas cotas dos poços de monitoramento.

- Conforme solicitado no Parecer Técnico nº. 266/ESCA/2006 a frequência de coletas no monitoramento é semestral, abrangendo épocas de estiagem e chuvas. Desta forma recomenda-se:
 - Realização da 3ª Campanha de Monitoramento em Março de 2008 e a 4ª Campanha em setembro de 2008. Sendo necessária a reinstalação dos PM-11 e 19 para dar continuidade a proposta de linhas de fluxo. Os parâmetros a serem analisados devem continuar os mesmos;
 - Em 2009 conforme recomendado pelo Parecer Técnico supracitado, será necessária a coleta em todos os poços de monitoramento com uma abrangência maior de parâmetros”.

O detalhamento das análises do monitoramento das águas subterrâneas e superficiais é apresentado no Relatório de Monitoramento elaborado pela Consultoria Paulista de Estudos Ambientais (2ª Campanha de Outubro de 2007, **Anexo 4**).