

# USP

## Campus de São Carlos

O MEIO FÍSICO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO  
DE IMPACTO AMBIENTAL DO ATERRO  
INDUSTRIAL BRUNELLI - PIRACICABA (SP)

MARCOS ANTONIO MATTIUSSO MARQUES

ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI

## UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



## ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

# **O MEIO FÍSICO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DO ATERRO INDUSTRIAL BRUNELLI - PIRACICABA (SP)**



**Marcos Antonio Mattiusso Marques**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geotecnia

**ORIENTADOR: Prof. Tit. Nilson Gandolfi**

São Carlos  
2000

Class.	TESE-EESC
Cutt.	3390
Tombo	0097100

s/s 1084435

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

M357m Marques, Marcos Antonio Mattiusso  
O meio físico no processo de avaliação de impacto ambiental do Aterro Industrial Brunelli : Piracicaba (SP) / Marcos Antonio Mattiusso Marques. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.  
Área: Geotecnia.  
Orientador: Prof. Dr. Nilson Gandolfi.

1. Resíduos sólidos. 2. Aterro Industrial.  
3. Meio físico. 4. Avaliação de impacto ambiental.  
I. Título.

*À Maria Marta e ao Enzo.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nilson Gandolfi, pela orientação e amizade.

A todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Geotecnia, em especial aos Professores Lázaro Valentin Zuquette e José Eduardo Rodrigues, pela amizade e apoio durante todo o desenvolvimento do mestrado.

A todos os colegas da Secretaria do Meio Ambiente, em especial ao Eng. João Roberto Rodrigues, Eng. Pedro José Stech, Sociól. Marisa Manfrinato Teixeira, Eng. Maria Teresa B. de Almeida Prado, Econ. Aurélio Libanori e Eng. Helena Carrascosa vohn Glein, por todos esses anos de convivência e aprendizado.

Aos Geólogos Waldir Lopes Ponçano e Nilton Fornasari pelos ensinamentos e pela amizade.

E, finalmente, à Geóloga Maria Marta Teixeira Vasconcelos, pela leitura da dissertação, pelos comentários ao trabalho e pelo carinho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	2
2 METODOLOGIA.....	4
2.1 Escolha do Caso.....	5
3 CRONOLOGIA DAS ETAPAS DO PROCESSO DE AIA E MANIFESTAÇÕES PÚBLICAS.....	7
4 JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	12
4.1 Justificativa Geral.....	12
4.2 Justificativa da Adoção da Alternativa Tecnológica.....	14
4.3 Justificativa Locacional.....	15
4.3.1 Levantamentos preliminares.....	16
4.3.2 Levantamentos básicos.....	16
4.3.3 Seleção preliminar de áreas prioritárias.....	21
4.3.4 Avaliação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.....	23
4.4 Justificativa Econômica.....	24
4.5 Comentários sobre a Justificativa Locacional.....	24
5 ASPECTOS BÁSICOS E CONCEITUAIS.....	26
5.1 Legislação Ambiental.....	27
5.1.1 Conteúdo Mínimo dos Estudos Ambientais.....	34
5.2 Avaliação de Impacto Ambiental - AIA.....	37

5.3 Meio Físico e Meio Ambiente.....	50
5.4 Resíduos Sólidos.....	57
5.5 Unidades de Disposição de Resíduos Sólidos.....	58
5.5.1 Projetos de Aterros Industriais.....	59
5.5.1.1 Elementos de proteção ambiental.....	60
5.5.1.2 Critérios gerais de projeto.....	66
5.5.1.3 Cuidados no encerramento e pós-encerramento.....	66
5.5.1.4 Critérios específicos de projeto.....	66
5.5.1.5 Critérios de projeto para o <i>Liner</i> .....	67
5.5.1.6 Sistema de coleta de líquidos percolados.....	68
5.6 Seleção de Áreas.....	70
5.7 Impactos Ambientais e Riscos Envolvidos.....	80
5.8 Monitoramento.....	87
5.9 Recuperação de Áreas.....	91
6 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	94
6.1 Caracterização dos Resíduos.....	94
6.2 Vida Útil.....	95
6.3 Transporte e Disposição dos Resíduos.....	96
6.4 Infra-Estrutura Básica.....	96
6.5 Concepção do Projeto.....	97
6.5.1 Depósito de estocagem.....	97
6.5.2 Valas para resíduos Classe I.....	98
6.5.3 Valas para resíduos Classe II.....	100
6.5.4 Sistema de drenagem superficial.....	103
6.5.5 Sistema de drenagem sub-superficial.....	103
6.5.6 Tanques de acumulação de percolados.....	103
6.6 Parecer do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.....	104
6.7 Considerações sobre a Caracterização do Empreendimento.....	106

<b>7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....</b>	<b>107</b>
7.1 Área de Influência.....	107
7.1.2 Área de Influência Direta - AID.....	107
7.1.3 Área de Influência Indireta - All.....	108
7.2 Uso do Solo e Meio Socioeconômico.....	108
7.3 Meio Biótico.....	109
7.3.1 Vegetação e flora terrestres.....	109
7.3.2 Fauna terrestre.....	110
7.3.3 Ecossistema aquático.....	111
7.4 Meio Físico.....	111
7.4.1 Geomorfologia.....	111
7.4.1.1 Geomorfologia da área de intervenção.....	113
7.4.2 Aspectos climáticos.....	113
7.4.3 Recursos hídricos superficiais.....	114
7.4.3.1 Cursos d'água locais.....	115
7.4.4 Geologia.....	118
7.4.4.1 Geologia regional.....	118
7.4.4.2 Geologia estrutural.....	120
7.4.4.3 Geologia da área de intervenção do empreendimento.....	121
7.4.4.4 Parecer Técnico do Instituto de Geociências da USP.....	133
7.4.4.5 Parecer Técnico do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp.....	135
7.4.5 Solos.....	137
7.4.6 Hidrogeologia.....	139
7.4.6.1 Hidrogeologia regional.....	139
7.4.6.2 Hidrogeologia da área de intervenção.....	143
7.5 Considerações sobre o Diagnóstico Ambiental.....	146
<b>* 8 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>147</b>
8.1 Definição dos Potenciais de Impacto das Ações do Empreendimento.....	149
8.1.1 Utilização de recursos naturais - RN.....	149

8.1.2 Emissões de matéria e energia - ME.....	151
8.1.3 Intervenções no meio biofísico - IB.....	154
8.1.4 Intervenções no meio antrópico - MA.....	155
8.2 Definição das Suscetibilidades dos Componentes Ambientais.....	156
8.2.1 Economia da natureza.....	157
8.2.2 Equilíbrio biofísico.....	158
8.2.3 Qualidade ambiental.....	159
8.2.4 Dinâmica antrópica.....	160
8.2.5 Equilíbrio político-institucional.....	161
8.3 Estudo sobre o Impacto de Emissões Acidentais de Percolado....	162
8.4 Definição da Intensidade dos Impactos.....	164
8.5 Considerações Finais sobre a Avaliação de Impacto Ambiental....	171
<b>9 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS.....</b>	<b>173</b>
9.1 Fase de Implantação.....	173
9.2 Fase de Operação.....	174
9.3 Fase de Desativação.....	175
9.4 Medidas Emergenciais em Caso de Acidente.....	176
9.5 Considerações sobre a Proposição de Medidas Mitigadoras.....	177
<b>10 PROGRAMA DE MONITORAMENTO.....</b>	<b>178</b>
10.1 Qualidade da Água Subterrânea.....	179
10.2 Qualidade da Água do Ribeirão das Palmeiras.....	180
10.3 Efluente da Estação de Tratamento de Percolado.....	181
10.4 Considerações sobre o Programa de Monitoramento.....	181
<b>11 ANÁLISE CRÍTICA DO PROCESSO DE AIA.....</b>	<b>182</b>
11.1 Comentários sobre o EIA.....	182
11.2 Pareceres Técnicos das Instituições.....	188
11.2.1 Parecer Técnico do Daia.....	188
11.2.2 Parecer Técnico da Digeo.....	190

11.2.3 Parecer Técnico da Escola Politécnica da USP.....	191
11.2.4 Parecer Técnico do Instituto de Geociências da USP.....	192
11.2.5 Parecer Técnico do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp.....	192
11.3 Comentários Gerais sobre o Processo de AIA.....	193
12 CONCLUSÕES.....	194
13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	196
APÊNDICE – Boletins de sondagem	

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1: Localização da área selecionada para o empreendimento (JAAKKO PÖYRY,1992).....	3
FIGURA 2: Áreas pré-selecionadas (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	22
FIGURA 3: Impacto ambiental (WATHERN, 1988).....	40
FIGURA 4: Processo de avaliação de impacto ambiental (SÁNCHEZ, 1988).....	47
FIGURA 5: Principais atividades e metas de um estudo de impacto ambiental destacando os aspectos do meio físico (BITAR et al., 1998).....	49
FIGURA 6: Dinâmica do meio ambiente e o papel do meio físico (FORNASARI FILHO et al., 1992).....	50
FIGURA 7: Esquema de análise seqüencial para caracterização de processos do meio físico (FORNASARI FILHO et al., 1992).....	52
FIGURA 8: Alteração a partir da intervenção de um processo tecnológico sobre um processo do meio físico (IPT apud FONASARI FILHO et al., 1992).....	53
FIGURA 9: Esquema de célula de resíduos Classe I (CETESB, 1992).....	62
FIGURA 10: Configuração geral das instalações do aterro (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	98

FIGURA 11: Sistemas de impermeabilização das valas para resíduos Classe I (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	101
FIGURA 12: Sistemas de impermeabilização das valas para resíduos Classe II (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	102
FIGURA 13: Localização da área em relação à rede hídrica local (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	116
FIGURA 14: Mapa geológico da área de intervenção - 1ª versão (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	123
FIGURA 15: Características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas da área do projeto (modificado de JAAKKO PÖYRY, 1992).....	125
FIGURA 16: Mapa geológico da área de influência (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	129
FIGURA 17: Seção geológica esquemática A - A' (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	131
FIGURA 18: Seção geológica esquemática B - B' (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	132
FIGURA 19: Principais sistemas aquíferos da região (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	140
FIGURA 20: Mapa potenciométrico com sentido preferencial de fluxo da água subterrânea (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	145

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Ponderação dos temas e subtemas para seleção da área (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	19
TABELA 02: Critérios para pedido de EIA para disposição de resíduos industriais (modificado de SMA, 1991).....	29
TABELA 03: Índice de qualidade dos resíduos (RESOLUÇÃO SMA - 013/98).....	33
TABELA 04: Condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros (CETESB, 1992).....	77
TABELA 05: Critérios para avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário (modificado de IPT, 1995).....	80
TABELA 06: Principais contaminantes provenientes de unidades de disposição de resíduos sólidos (modificado de TRESSOLDI, 1998).....	84
TABELA 07: Principais tipos de medidas técnicas de recuperação de áreas degradadas (BITAR & BRAGA apud BITAR et al., 1998).....	92
TABELA 08: Principais tipos de resíduos identificados na região (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	95
TABELA 09: Qualidade da água do ribeirão das Palmeiras (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	117
TABELA 10: Classificação granulométrica das amostras de solo (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	138
TABELA 11: Limites de liquidez e plasticidade (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	138
TABELA 12: Coeficientes de permeabilidade (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	139
TABELA 13: Resultados dos ensaios de infiltração em amostras compactadas a 100% do proctor normal (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	139
TABELA 14: Coeficientes de permeabilidade (“in situ” e em laboratório) – (JAAKKO PÖYRY, 1992).....	144

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AI: Área de Intervenção

AIA: Avaliação de Impacto Ambiental

AID: Área de Influência Direta

AII: Área de Influência Indireta

Cetesb: Companhia de Tecnologia e de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

Consema: Conselho Estadual do Meio Ambiente

Daia: Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental

DEPRN: Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

ETE: Estação de Tratamento de Efluentes

Ibama: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Rima: Relatório de Impacto Ambiental

SMA: Secretaria do Meio Ambiente

SPT: *Standard Penetration Test*

Unesp: Universidade Estadual Paulista

USP: Universidade de São Paulo

## RESUMO

MARQUES, M.A.M. (2000) *O meio físico no processo de avaliação de impacto ambiental do Aterro Industrial Brunelli, Piracicaba, SP.* São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Neste trabalho, é analisado o processo de avaliação de impacto ambiental – AIA do Aterro Industrial Brunelli, que se caracterizou como bastante complexo, em razão da polêmica em torno dos impactos ambientais incidentes em sua área de influência, principalmente os relativos à contaminação do solo e da água.

São descritos os principais elementos do projeto e as características dos entornos da área selecionada para a implantação do aterro, bem como analisados os principais fatores que fundamentaram a decisão da Secretaria do Meio Ambiente pela viabilidade ambiental do empreendimento. São apresentadas, ainda, avaliações de outras instituições que contribuíram, com seus pareceres técnicos, no processo de tomada de decisão.

A partir dessa análise, é apresentada uma avaliação crítica dos principais fatores que resultaram na morosidade do licenciamento e propostos critérios para o aperfeiçoamento dos processos de AIA de unidades de disposição de resíduos.

Palavras-chave: resíduos sólidos; aterro industrial; meio físico; avaliação de impacto ambiental.

## ABSTRACT

MARQUES, M.A.M. *The physical environment in the environmental impact assessment of the Brunelli industrial landfill project, Piracicaba, State of São Paulo, Brazil.* São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work is focused on the environmental impact assessment of the Brunelli Industrial Landfill Project, which proved to be a very complex process, mainly because of the expected environmental impact in the neighborhood of the plant, especially those related to soil and water contamination.

The project major elements are presented, as well as the basic characteristics of the selected area for landfill development, besides a complete analysis of the principal facts that supported the São Paulo State Secretariat of the Environment final decision on the matter.

Several technical contributions by a number of other Institutions are also presented, regarding the environmental viability of the project, which were very important in the decision making process.

A critical review and analysis of all the information allowed identifying the factors that were responsible for the delay in final decision taken by the State Secretariat.

As a consequence, some proposals are made in order to improve the assessment of environmental impacts of similar facilities.

Keywords: solid wastes, industrial landfill, physical environment, environmental impact assessment.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise do processo de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA desenvolvido quando foram submetidos ao Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental – Daia, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA (SP), para fins de licenciamento ambiental, o Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - Rima, para implantação do aterro industrial da empresa Brunelli S/A Agricultura.

O empreendimento foi idealizado para permitir a destinação adequada dos resíduos sólidos industriais gerados, principalmente, por instalações situadas na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, uma vez que nesta região não há unidades de destinação adequadas para tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos industriais, implantadas de acordo com as normas técnicas vigentes e licenciadas pelos órgãos ambientais competentes.

O empreendimento foi denominado Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais, porém, como no referido Estudo foram tratadas apenas questões referentes à disposição final dos resíduos, trata-se de fato de um aterro industrial.

O gerenciamento técnico do EIA foi de responsabilidade do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, tendo sido elaborado pela empresa Jaakko Pöyry Engenharia Ltda.

A área selecionada para implantação do aterro industrial, localiza-se na borda norte do município de Piracicaba, bastante próxima à divisa do município de Iracemápolis, cerca de 140 km, a noroeste, da cidade de São Paulo e dois (2) km, a norte, da rodovia SP-147, que interliga os municípios de Piracicaba e Limeira (FIGURA 01). Esta área está, aproximadamente, a dez (10) km do centro urbano de Piracicaba e sete (7) km do centro urbano de Iracemápolis.

No processo de AIA, conduzido pelo Daia (SMA), que resultou na concessão de Licença Prévia - LP, houve intensa discussão, com a participação de Organizações Não Governamentais - ONGs, da população da região e técnicos envolvidos com a questão, sobre a adequabilidade da área para implantação do aterro, principalmente no

que se refere à possibilidade de contaminação dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos.

Em razão das controvérsias existentes, os técnicos da SMA envolvidos no processo, decidiram solicitar a colaboração de diversas instituições, tais como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT que, através da elaboração de Pareceres Técnicos (COTTAS, 1993A; COTTAS, 1993B; BONI & PAULA JR., 1993; IPT, 1994; MELLO, 1994; RICCOMINI, 1995), contribuíram com o processo de tomada de decisão quanto à viabilidade ambiental da implantação e operação do empreendimento, na área selecionada. Essas Instituições contribuíram também com a proposição de medidas de mitigação dos impactos ambientais identificados tanto no EIA, como ao longo do processo de AIA.

Neste trabalho, serão abordadas principalmente as questões referentes aos aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos, considerados como determinantes na tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental do aterro industrial. No entanto, outras questões relativas aos meios biótico e socioeconômico serão necessariamente tratadas, seja pela própria natureza do processo de AIA, essencialmente multidisciplinar, seja pela sua relação intrínseca com os processos de meio físico.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise crítica do processo de avaliação de impacto ambiental, desenvolvido para verificar a viabilidade da implantação e operação do Aterro Industrial Brunelli.

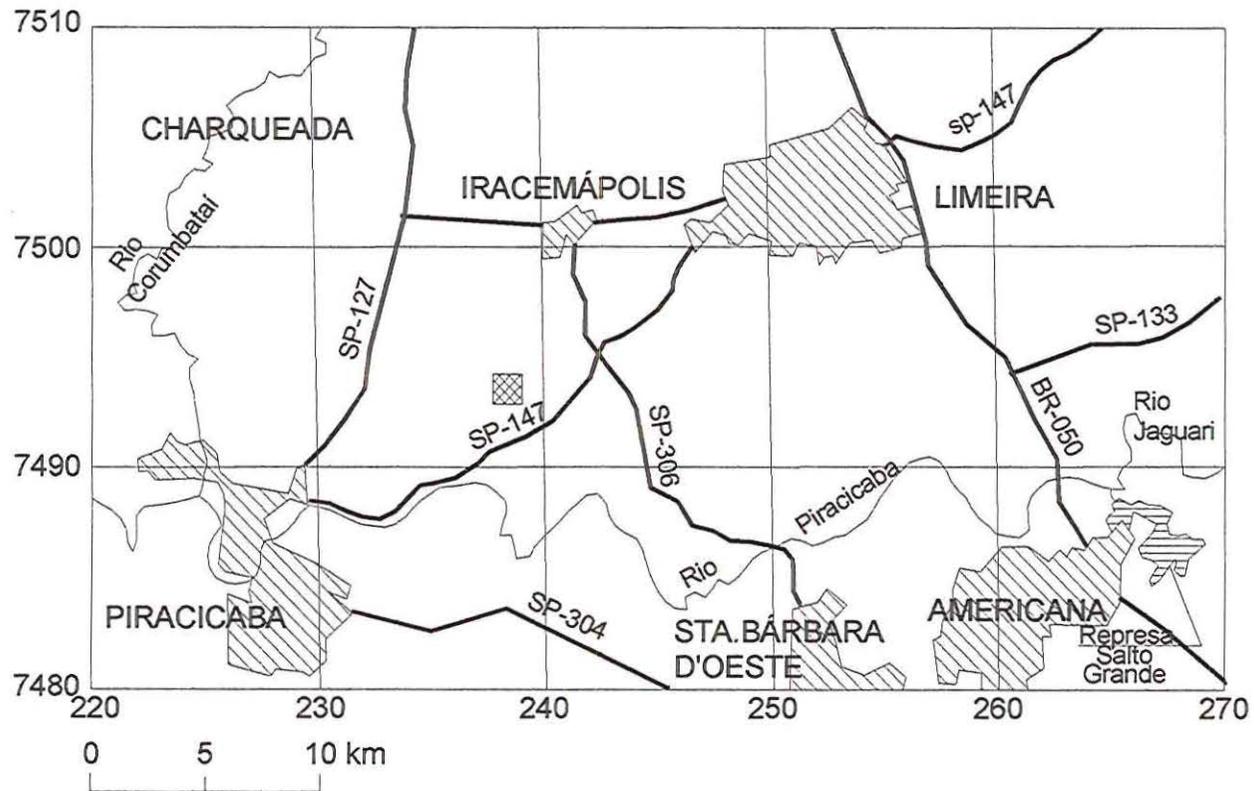


FIGURA 01 – Localização da área selecionada para implantação do empreendimento (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. III, mapa E11-425)

## 2 METODOLOGIA

Em razão do trabalho aqui apresentado tratar-se de uma análise crítica sobre estudos desenvolvidos por terceiros, as atividades desenvolvidas não se referem a levantamentos de campo, estabelecimento de metodologia específica, ensaios de laboratório, tratamento estatístico de dados, etc., mas a uma análise de um Estudo de Impacto Ambiental e subsequente processo de licenciamento, seguindo-se a metodologia proposta pelo elaborador do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) e, tendo como base os aspectos básicos e conceituais de processos de AIA, apresentados em capítulo específico. Os dados utilizados também foram aqueles contidos no EIA op.cit. e nos demais relatórios técnicos incorporados ao Processo administrativo.

Dessa forma, as atividades desenvolvidas foram, basicamente, as seguintes:

- revisão bibliográfica: possibilitou o levantamento dos aspectos básicos e conceituais referentes a unidades de disposição de resíduos sólidos, legislação ambiental, processos do meio físico, avaliação de impacto ambiental, seleção e recuperação de áreas para aterros sanitários e industriais;
- sistematização das informações do processo administrativo: nesta fase foram levantadas as informações referentes à cronologia de todo processo e sobre as manifestações públicas apresentadas, incluindo audiências públicas;
- vistoria de campo;
- análise crítica do processo de AIA: fase em que foram levantadas e comparadas todas as informações referentes aos levantamentos e análises efetuadas no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), nos Pareceres Técnicos de especialistas (COTTAS, 1993A; COTTAS, 1993B; BONI & PAULA JR., 1993; IPT, 1994; MELLO, 1994; RICCOMINI, 1995), no Parecer Técnico do Daia (SMA, 1995) e demais informações contidas no Processo de licenciamento; e
- elaboração da dissertação.

## 2.1 Escolha do Caso

A escolha da análise do processo de avaliação de impacto ambiental do Aterro Industrial Brunelli, deu-se a partir da grande polêmica que resultou a partir da apresentação do EIA para o seu licenciamento na Secretaria do Meio Ambiente - SP. Houve a partir de um certo momento, um posicionamento bastante contrário à sua implantação por parte da população moradora da região, e representantes da sociedade civil em geral, principalmente Organizações não Governamentais, a despeito da proposta de sua implantação ter sido iniciada através de uma grande participação pública, inclusive com a formação de uma Comissão de Resíduos Sólidos em Piracicaba, sob a coordenação do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Capivari e Piracicaba, e a participação das Prefeituras Municipais, Universidades, representantes da sociedade civil, ONGs, etc. Devendo-se considerar o grande interesse público da obra, apesar de tratar-se de um empreendimento privado.

Deve-se observar que trata-se de um caso típico de projeto *Nimby - Not in my backyard*, uma vez que todas as manifestações vinham ao encontro da necessidade de implantação de um sistema de tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos produzidos na região, porém, em qualquer área selecionada há a mobilização contrária da população potencialmente afetada, devendo-se levar em conta que no Brasil em função do extremo descaso que as autoridades têm tratado a questão dos resíduos sólidos, este tipo de empreendimento é associado quase que diretamente com problemas de degradação da região em que este é implantado, como atração de catadores, contaminação das águas, disposição descontrolada de resíduos radioativos, proliferação de vetores como moscas, ratos, etc.

A partir de um determinado estágio, a discussão centrou-se, conforme já mencionado, nos aspectos geológicos e hidrogeológicos, mais especificamente na possibilidade da operação do aterro ter conseqüências na qualidade da água subterrânea da área, e secundariamente, na qualidade das águas superficiais.

Em razão da complexidade geológica da área e a falta da realização no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) de uma abordagem mais direta do problema, conforme discutido mais à frente, o processo de AIA foi bastante moroso, contando com a participação de diversos especialistas nas áreas de projeto do aterro, geologia e hidrogeologia, tornando a discussão dos impactos ao meio físico bastante complexa.

Sánchez et al. (1996) avaliaram que apesar das bases científicas e a ampla discussão pública do EIA do Aterro Industrial Brunelli, não houve um consenso sobre os riscos ambientais de sua implantação e operação.

A partir deste quadro, o caso estudado tornou-se bastante interessante como um processo de AIA, resultando na convicção que para determinados empreendimentos, há necessidade da busca de avaliações quantitativas de forma que os impactos não sejam avaliados a partir de pontos de vista e critérios restritos a um determinado conjunto de avaliadores.

### **3 CRONOLOGIA DAS ETAPAS DO PROCESSO DE AIA E MANIFESTAÇÕES PÚBLICAS**

O EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), elaborado para o licenciamento ambiental do empreendimento denominado Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais da Brunelli Agricultura S.A., foi protocolado no Daia (SMA - SP), em 20.11.92. Em 27.02.92, tinha sido apresentado o Termo de Referência para sua elaboração, o qual foi refeito e sua última versão apresentada em 08.10.92.

A coordenação técnica do EIA e o gerenciamento técnico da implantação do empreendimento ficaram sob a responsabilidade do Consórcio Intermunicipal das bacias dos rios Piracicaba e Capivari. O EIA foi elaborado pela Consultora Jaakko Pöyri Engenharia Ltda.

Há no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), um histórico sucinto de uma tentativa de implantação de um empreendimento bastante similar, na localidade de Água Santa, em 1987. Denúncias de moradores mobilizaram as entidades locais em torno da Sociedade de Defesa do Meio Ambiente de Piracicaba - Sodemap, que verificaram irregularidades no processo, tanto no que diz respeito às obras, uma vez que estas foram iniciadas sem a aprovação dos órgãos ambientais, quanto ao conteúdo do Estudo de Impacto Ambiental elaborado para este empreendimento.

Este processo culminou com um Parecer negativo do Conselho Estadual de Meio Ambiente – Consema, quanto à viabilidade ambiental do empreendimento e no embargo da obra.

Após a análise inicial do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), o Daia solicitou ao Consórcio informações complementares em 26.03.93. Este pedido baseou-se também na avaliação efetuada pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual Paulista - Unesp concluída em 15.03.93.

Em 26.04.93, o Daia pediu a participação na análise do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, através de sua Divisão de Geologia - Digeo.

Por solicitação da Câmara de Vereadores de Piracicaba, a Unicamp também participou da análise do EIA, apresentando seus resultados em julho de 1993.

As informações complementares foram apresentadas em 23.08.93, sendo encaminhadas para nova avaliação da Unesp em 09.09.93, e para o IPT em 27.09.93.

Em 08.03.94, requisitou-se a participação do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. O Parecer Técnico desta Instituição foi encaminhado ao Daia em 11.04.94. Nesta análise, foram abordados somente os aspectos relativos aos sistemas de impermeabilização das valas de disposição dos resíduos.

Em 23.05.94, foi requerida a análise do Instituto de Geociências da USP. No Parecer encaminhado em 20.02.95, foram abordados os aspectos relativos à caracterização geológica da área.

Manifestações veiculadas no Jornal de Piracicaba, refletem o descontentamento da população com o projeto do aterro:

- já em 29.02.92, portanto anteriormente à apresentação do EIA, moradores da região se posicionaram contrariamente à localização do aterro em reunião com o vereador Laerte Zitelli, que informou que encaminharia o caso para a Promotoria do Meio Ambiente para investigação;

- em 20.07.93, moradores da região próxima à área destinada ao aterro, entregaram abaixo assinado ao vereador Laerte Zitelli, contrários à instalação do aterro, sob a alegação que na região potencialmente afetada havia mais de dez propriedades entre sítios e fazendas com várias nascentes e córregos que poderiam ser poluídos;

- em 17.05.94, foi informado que uma comissão de moradores da região iria se encontrar no Fórum de Piracicaba com o Curador do Meio Ambiente, uma vez que entendiam que a localização do aterro iria prejudicar o meio ambiente contaminando o rio Piracicaba, sendo intenção da comissão entrar na Justiça contra a obra;

- em 17.05.94, no mesmo Jornal de Piracicaba, foi informado que proprietária das Fazendas vizinhas à Fazenda Santo Antônio, entendia que qualquer acidente com o aterro iria comprometer as quatro nascentes na sua propriedade, além de suas fazendas possuírem uma reserva de mata virgem que também poderia ser afetada. Por fim, enfatizou que os possíveis prejuízos ao meio ambiente e a desvalorização de terras seriam repassados inclusive para a próxima geração.

Em 24.05.94, realizou-se em Piracicaba a audiência pública do empreendimento.

Conforme relatório sobre esta audiência, elaborado pelo Consema, as principais manifestações foram as seguintes:

a) representantes do empreendedor:

- o problema dos resíduos sólidos industriais em Piracicaba é antigo;
- com base na metodologia do projeto da obra, garantiu-se a transparência do processo, tendo ocorrido discussões detalhadas de todas suas características; e
- o projeto é totalmente seguro, ressaltando que não haveria razão para o Grupo Brunelli contaminar terrenos de sua propriedade.

b) representante da equipe técnica que elaborou o EIA:

- foram selecionadas e analisadas diversas áreas para implantação do projeto, tendo sido elaborado estudo de alternativas locais;
- os resíduos encontrados na região pertenciam às Classes I e II;
- na fase de avaliação dos impactos ambientais detectou-se a possibilidade da ocorrência de danos negativos apenas se ocorrerem acidentes com o transporte, mas não na operação normal do empreendimento;
- como impactos positivos foram identificados a construção de um aterro na região e o aumento na arrecadação de tributos;
- as medidas mitigadoras ficariam a cargo das equipes de transporte, as quais deveriam submeter-se a um treinamento específico e utilizar veículos adequados; e
- o empreendimento proposto ia ao encontro dos planos governamentais para a região.

c) representante da entidade ambientalista *Vitae Civilis*:

- embora necessárias, a transparência e ampla discussão do projeto não conferem por si só sua sustentabilidade;
- o título “Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais” não confere com as atividades a serem desenvolvidas, uma vez que, no projeto, está prevista apenas a disposição final dos resíduos;
- a linguagem utilizada no EIA não é técnica como deveria, citando como exemplo a utilização da expressão “cerca de” para identificar a quantidade de resíduos a serem dispostos;
- o projeto foi elaborado apenas para o atendimento da quantidade de resíduos sólidos produzidos atualmente na bacia, não estando prevista, por exemplo, a expansão do

parque industrial e, conseqüentemente, do volume de resíduos gerados;

- embora no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) se afirme que os resíduos a serem admitidos no aterro, não deveriam conter umidade, no diagnóstico elaborado consta que 42,8% dos resíduos são lodos, portanto, com grande quantidade de umidade intrínseca;

- as medidas mitigadoras propostas são bastante genéricas, sendo necessárias informações complementares; e

- o custo da reparação de decisões erradas é mais alto do que o de gastar mais tempo para a implantação de um projeto adequado.

d) representantes da sociedade civil em geral:

- colocaram-se dispostos a acompanhar os trabalhos que estavam sendo desenvolvidos;

- concordam com as críticas efetuadas pela entidade *Vitae Civilis*;

- questionaram se as indústrias visitadas foram também inventariadas pela Cetesb, indagando ainda sobre qual seria a quantidade de resíduos que poderia ser reaproveitada ao invés de disposta em aterros;

- discordaram da localização do aterro; e

- solicitaram à Unicamp e Esalq, pareceres sobre o EIA.

As etapas finais da análise foram as seguintes:

- em 29.05.95, foi emitido o Parecer Técnico CPRN/Daia - 016/95, através do qual o Daia concluiu ser o empreendimento ambientalmente viável, na forma e nas condições preconizadas;

- em 29.09.95, foi publicada a súmula da análise do EIA;

- em 14.11.95, foi emitido o Relatório da Câmara Técnica do Consema, através do qual foi recomendada a aprovação do empreendimento "...tendo em vista sua viabilidade ambiental nos termos do Parecer do Daia e demais exigências elencadas...";

- em 04.12.95, foi entregue abaixo assinado ao Consema, organizado por moradora próxima da região, através do qual foi feito um protesto contrário à implantação do aterro em razão dos prejuízos ambientais para a região, sobretudo na contaminação do solo em áreas essencialmente agrícolas, com solos excepcionalmente conservados;

- em 05.12.95, representante da ONG *Vitae Civilis*, encaminhou, em caráter de urgência, documento ao Consema solicitando a retirada da análise do EIA da pauta, uma vez que entendia que haviam informações insuficientes e/ou omitidas para apreciação do assunto

pelos Conselheiros;

- através da Deliberação - 042 de 21.12.95, o Consema, em sua 19ª Reunião Plenária Extraordinária, acolheu o Parecer Técnico da Câmara Técnica de Recursos Hídricos e Saneamento, que considerou ambientalmente viável e passível de obtenção de Licença Prévia, o empreendimento da Brunelli S. A. Agricultura, decidindo que fossem acrescentadas as exigências, recomendações e medidas mitigadoras contempladas no Parecer Técnico CPRN/Daia - 016/95, além daquelas propostas pela Câmara Técnica e das estabelecidas pelo próprio plenário, que foram as seguintes:

- a) elaboração de análise de risco ambiental, no que se refere aos aspectos de segurança do trabalho;

- b) apresentação à Cetesb, para obtenção da Licença de Instalação, de proposta de adequação de instrumentos de gestão ambiental, para garantir a manutenção, a longo prazo, da qualidade ambiental do empreendimento, incluindo os processos relativos à sua desativação;

- c) limitação da região de abrangência do empreendimento à área dos municípios constantes da proposta, elaborada pelo Consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba e Capivari; e

- d) garantia da participação da população do entorno e da sociedade civil da área de abrangência do projeto, na fiscalização do empreendimento, em todas suas etapas.

- em 25.03.96, foi emitida a Licença Prévia - 000024 de 15.03.96; e

- em 27.12.96, foi emitida pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - Cetesb, a Licença de Instalação - 000658/96.

Por fim, cabe esclarecer que o empreendimento não foi implantado, sendo que em contato com a regional da Cetesb, o representante desse órgão informou que o empreendedor desistiu da sua implantação, principalmente em razão da forte reação contrária que a implantação do empreendimento causou na população moradora da região. ! ! !

## **4 JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO**

A falta de unidades adequadas para tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos industriais, faz com que as formas mais comuns de destinação desses resíduos, sejam as seguintes:

a) armazenamento nas unidades geradoras: tem-se, como principal problema, o fato deste armazenamento dar-se, geralmente, em tambores que são suscetíveis à corrosão, permitindo o vazamento do resíduo, além dos pátios, onde são colocados os tambores, não serem, muitas vezes, impermeabilizados e dotados de sistemas de drenagem. Outro fator de risco de contaminação refere-se ao fato dos resíduos serem armazenados de forma não concentrada, ou seja, cada unidade geradora tem seu sistema de armazenamento, dificultando muito o controle e fiscalização por parte dos órgãos ambientais;

b) disposição em unidades inadequadas: geralmente, a disposição ocorre em aterros sanitários municipais, que não são dotados de sistemas de proteção e controle ambiental adequados para evitar a ocorrência de impactos ao meio ambiente devido à maior agressividade dos contaminantes lixiviados de resíduos industriais; e

c) lançamentos clandestinos: ocorre a contratação de transportadores não habilitados, que procuram áreas abandonadas ou sem controle, tais como terrenos à margem de rodovias, áreas invadidas, áreas nas quais estão sendo depositados entulhos, etc., havendo o lançamento dos resíduos de forma totalmente inadequada, com conseqüências ambientais imprevisíveis.

### **4.1 Justificativa Geral**

Basicamente, a justificativa da implantação do empreendimento pautou-se nos seguintes fatores, de acordo com o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992):

a) grande produção de resíduos sólidos industriais na região considerada (bacia

dos rios Piracicaba e Capivari); e

b) falta de unidades adequadas e/ou licenciadas para tratamento e/ou disposição final desses resíduos.

Em relação à destinação final, os dados relativos a 1991 contidos no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), indicam que de um total de 6.000 toneladas de resíduos de Classe I gerados na região num período de dois anos, 71,5% estão estocados em sistemas diversos (tambores, caçambas e a granel, principalmente o primeiro); 15,1% estão dispostos em aterros industriais; e 13,5% foram destinados à transformação, normalmente à incineração, para o que se percorrem grandes distâncias, até outras regiões do Estado.

Dos resíduos de Classe II, 35,8% do volume gerado é destinado a aterros próprios; 49,9% é estocado a granel; 6,7% é destinado à codisposição em aterros municipais, no que se destaca o município de Limeira; e 7,6% é destinado a outros sistemas de estocagem e depositados em lixões particulares.

Esta realidade, aliada à alta polarização do setor industrial da região, cujo crescimento e características irão interferir cada vez mais no volume e no perfil da geração de resíduos, justificariam a necessidade de um aterro industrial.

No contexto da organização político-institucional da região e das intervenções do poder público em Piracicaba, foram destacados, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), três aspectos fundamentais:

- a participação do município de Piracicaba no Consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba e Capivari;
- a atuação da Comissão de Resíduos Sólidos no âmbito municipal; e
- a consolidação do aparato legal do município, através da elaboração de um novo Plano Diretor.

A citada Comissão de Resíduos Sólidos, instituída no município de Piracicaba, conforme já mencionado, foi formada por representantes dos Poderes Executivo e Legislativo, além da sociedade civil, e teve atuação decisiva na adequação sanitária do lixão municipal, que passou a ser operado como um aterro sanitário. Atuou regionalmente e ao lado do Consórcio Intermunicipal, na coordenação do processo de licenciamento ambiental do EIA do Aterro Industrial Brunelli.

## 4.2 Justificativa da Adoção da Alternativa Tecnológica

Como resultado dos trabalhos desenvolvidos pela Comissão Municipal de Resíduos de Piracicaba, tomou-se a decisão da implantação de um sistema para destinação dos resíduos sólidos industriais gerados na bacia dos rios Piracicaba e Capivari.

A diretriz fundamental relativa à criação de um sistema de destinação dos resíduos consistia, segundo a referida Comissão, na reciclagem dos resíduos, inicialmente, porém, foi proposta apenas a implantação de um sistema de disposição final, ou seja, o aterro industrial. A implantação de sistemas de reciclagem ou tratamento de resíduos ocorreriam em etapas posteriores.

Esses sistemas de reciclagem e/ou tratamento permitiriam um aumento significativo da vida útil do aterro, bem como uma redução dos riscos ambientais na sua operação, uma vez que poderiam reduzir em muito o potencial de impacto ambiental dos resíduos sólidos. Deve-se observar que se previu o tratamento prévio dos resíduos nas unidades geradoras, principalmente devido ao fato do aterro não ser adequado para a recepção de resíduos com líquidos livres, conforme será comentado no Capítulo 6, referente à caracterização do empreendimento.

Como justificativas da adoção da alternativa tecnológica de implantação do aterro industrial numa primeira etapa, foram citadas no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), as seguintes:

- a) a disposição em aterro, conforme a experiência mundial, constitui-se em solução mais adequada para uma grande variedade de resíduos, tendo sido diagnosticado que a grande maioria dos resíduos gerados nas citadas bacias hidrográficas, é passível de aterramento;
- b) o aterramento dos resíduos em valas permite segregação, fazendo com que somente resíduos compatíveis, sejam dispostos conjuntamente. Observa-se que na concepção de projeto apresentada, previu-se que os resíduos perigosos e não-perigosos fossem dispostos separadamente;
- c) quanto à forma de disposição selecionada, ou seja, em valas, avaliou-se que era uma opção de fácil operação e controle, além da topografia da região facilitar a aplicação desta técnica; e
- d) em relação a outras alternativas tecnológicas, como, por exemplo, os sistemas de tratamento de resíduos, os custos de implantação e operação de um aterro são

significativamente menores. A incineração, por exemplo, requer investimentos de ordem de grandeza superior e sistema de controle tecnológico mais avançado do que um aterro industrial.

Ressaltou-se, ainda, que a seleção de um local adequado privilegiaria a viabilização econômica, técnica e ambiental do empreendimento.

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), apresentou-se a seguinte conclusão quanto à alternativa tecnológica selecionada:

“... é possível afirmar que o aterro industrial proposto apresenta condições técnicas que possibilitarão o equacionamento de uma parcela significativa da problemática de disposição técnica e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos industriais gerados na região.”

### **4.3 Justificativa Locacional**

A área selecionada para a implantação do aterro industrial, como já mencionado, situa-se no município de Piracicaba, próximo à divisa do município de Iracemápolis (FIGURA 01), numa região onde o uso e ocupação do solo se dá, basicamente, pela cultura de cana-de-açúcar e por usinas de álcool. Trata-se da Fazenda Santo Antônio, pertencente ao próprio empreendedor, a empresa Brunelli S.A. Agricultura.

A seguir, são descritos e comentados os procedimentos adotados no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), para seleção da área para implantação do aterro industrial.

Primeiramente, elaborou-se um Estudo Ambiental de Localização do Empreendimento, tendo sido considerada, para efeito desse estudo, uma área de, aproximadamente, 3.000 km<sup>2</sup>, referente às folhas do IBGE de Rio Claro, Araras, Piracicaba e Limeira, na escala 1:50.000. O objetivo principal desse estudo consistiu em identificar áreas adequadas à implantação do projeto.

A metodologia básica adotada constituiu-se em três etapas:

- a) levantamentos preliminares;
- b) levantamentos básicos do meio físico; e
- c) seleção preliminar de áreas prioritárias.

### 4.3.1 Levantamentos preliminares

Nesta etapa, foram realizados levantamentos que consistiram na elaboração de mapas temáticos (geologia, uso e ocupação do solo, etc.), em escalas disponíveis (1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000), tendo sido as folhas IBGE, na escala 1:50.000, utilizadas para a composição do mapa-base na escala 1:100.000.

Quanto aos aspectos legais, foram levantadas as legislações estaduais de meio ambiente, bem como os Planos Diretores e as Leis Orgânicas Municipais de Itirapina, Corumbataí, Rio Claro, Ipeúna, Charqueada, Americana, Piracicaba, Itacemópolis, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Araras, Limeira e Santa Bárbara, não tendo sido citada a legislação federal.

As questões relativas ao meio físico, já nesta etapa, foram consideradas como as mais relevantes na análise da viabilidade ambiental do empreendimento, principalmente como subsídios à seleção de áreas promissoras para a instalação do aterro.

### 4.3.2 Levantamentos básicos

Foram realizados os seguintes levantamentos básicos, referentes ao meio físico:

- a) uso e ocupação do solo;
- b) áreas com restrições legais e de interesse ambiental;
- c) pedologia;
- d) geomorfologia;
- e) geologia;
- f) hidrogeologia;
- g) recursos minerais;
- h) meteorologia; e
- i) recursos hídricos.

As informações obtidas foram cruzadas entre si, através da utilização de um software de planejamento e uso do solo denominado *Resource Information and Analysis - RIA*, tendo sido a área estudada subdividida em blocos regulares, com valores numéricos atribuídos às condições ambientais mais ou menos favoráveis, bem como pesos diferenciados para os diversos componentes dos temas básicos. Dessa forma, foram identificados os blocos que

continham as áreas mais promissoras, ou com os melhores valores atribuídos às condições ambientais relativas aos temas básicos do meio físico.

O método aplicado é detalhado a seguir.

Toda a área foi subdividida em quadrículas de 1 km por 1 km, o que resultou num total de 2065 quadrículas. Justificou-se no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que em função da escala de trabalho, qual seja, a de 1:100.000, não seria possível a utilização de quadrículas menores, ressaltando-se que o empreendimento ocuparia apenas parte de uma área de 1 km<sup>2</sup>.

Os temas citados acima foram agrupados em mapas temáticos na escala 1:100.000, tendo sido atribuída a seguinte ponderação para cada tema:

- a) uso e ocupação do solo: 5
- b) geologia/hidrogeologia: 5
- c) recursos hídricos: 4
- d) tipos de solo: 3
- e) infra-estrutura: 2
- f) recursos minerais: 2

Deve-se observar que determinados fatores não foram levados em consideração nesta etapa, tais como a aceitação da população do entorno, bastante negativa como apresentado no Capítulo 3, os custos de implantação, etc., assim como outros aspectos foram consideradas apenas para o descarte de determinadas áreas como, por exemplo, as restrições legais.

Algumas observações foram feitas, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), relativamente aos critérios adotados nos temas selecionados:

- dados geomorfológicos: entendeu-se que os dados obtidos na escala 1:250.000 não expressavam as informações fundamentais para definição da área do empreendimento e que as formações existentes não apresentavam condições que influiriam de maneira significativa no processo de seleção.

Observa-se que a escala adotada é regional e, no caso da análise efetuada, podem ocorrer diferenciações locais determinantes na escolha da área.

- dados hidrogeológicos e geológicos: foram consolidados num único mapa, sendo que o fator fundamental para a atribuição de peso a este tema foi a permeabilidade das formações geológicas, de forma a evitar qualquer possibilidade de contaminação da água subterrânea.

Cabe comentar que, neste caso, é difícil atribuir valores únicos de permeabilidade para as diversas formações geológicas identificadas, na escala de trabalho

adotada nesta etapa (1:100.000), principalmente em função da grande heterogeneidade litológica e estrutural dessas rochas. Deveria ter sido, ainda, definida a fragilidade dos aquíferos presentes na área e a efetiva possibilidade de sua contaminação, considerando-se, além da permeabilidade, outros fatores como profundidade do n.a., existência de mantos de alteração, ocorrência de estruturas que condicionam direções preferenciais de fluxo da água subterrânea, entre outros.

Também não se justificou, na metodologia adotada, a junção dos dados de geologia e hidrogeologia num mesmo mapa temático.

- dados climáticos: esses dados não foram utilizados no processo de seleção feito no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), uma vez que, regionalmente, avaliou-se que não ocorrem variações importante, não sendo acrescentados, portanto, condicionantes na definição de áreas.

Quanto aos dados climáticos, cabe observar, que não se analisou se toda a área considerada possuía déficit hídrico de 96 mm (como se concluiu no diagnóstico ambiental, ver Capítulo 7). Caso ocorressem áreas em que o balanço hídrico se mostrasse menos favorável, este fato deveria ter sido considerado quando da seleção de áreas.

Os pesos relativos aos temas foram definidos pela equipe multidisciplinar que participou da elaboração do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), determinando-se, ainda, que os temas mais relevantes seriam os seguintes:

- uso e ocupação do solo: segundo este critério, o aterro não poderia ser localizado em áreas urbanas, de expansão urbana ou com cobertura vegetal nativa; e
- geologia/hidrogeologia: tema relevante, tendo-se em vista a possibilidade de contaminação da água subterrânea, impacto ambiental muito significativo. Dessa forma, as áreas procuradas foram aquelas em que ocorressem formações geológicas com baixa permeabilidade.

Quanto ao tema geologia e hidrogeologia, tem-se, novamente, que somente a utilização da variável “permeabilidade” para a escolha de área mais favorável do ponto de vista da geologia, é um critério bastante simplista, considerando-se a escala regional de trabalho nesta etapa (1:100.000). As condições locais podem ser bastante diferenciadas, no que se refere aos aspectos estruturais, mantos de alteração, níveis d’água subterrâneos, dentre outros aspectos. Dessa forma, seria mais adequada a adoção do critério de fragilidade do aquífero e não apenas a consideração de valores baixos de permeabilidade de determinado estrato geológico, além do uso de escalas de maior detalhe.

- recursos hídricos: próximo item de importância relativa, determinando-se que o aterro não poderia ser localizado em área de manancial ou nas proximidades de corpos

d'água. Ressaltou-se, no entanto, que na escala de trabalho adotada, a análise deu-se em quadrículas de 1 km<sup>2</sup>, e que, mesmo na ocorrência de um corpo d'água, seria possível a implantação do aterro numa determinada quadrícula selecionada.

- solos: foram considerados, principalmente, parâmetros como teor de argila e suscetibilidade à erosão como determinantes para a seleção de áreas prioritárias.

Quanto aos recursos hídricos, tem-se que, em função da escala adotada (1:100.000), os usos da água ou as restrições ambientais como, por exemplo, a existência de área de várzea, também não foram levados em consideração, o que poderia ser bastante restritivo para a implantação do aterro.

Quanto aos solos, deveriam ter sido considerados também fatores como a espessura do manto de alteração e profundidade do topo rochoso.

- recursos minerais e infra-estrutura: para estes itens, foram dados menores pesos, relativamente aos anteriores.

Não se esclareceu, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), como foram consideradas as áreas de mineração, uma vez que determinadas áreas poderiam ter sido consideradas para a implantação do aterro industrial após o esgotamento de suas reservas, adotando-se assim, uma alternativa de reabilitação da área degradada pela mineração.

Na TABELA 01, é apresentada a ponderação dos temas e subtemas que serviram de base para a seleção da área.

**TABELA 01: Ponderação dos temas e subtemas para seleção da área (JAAKKO PÖYRY, 1992).**

TEMA	PESO	SUBTEMA	PESO
Uso e ocupação do solo	5	cana de açúcar	10
		culturas anuais	10
		pastagem ou campo antrópico	10
		café, citrus, fruticultura	9
		silvicultura	7
		vegetação natural	3
		área urbana	0
		área de expansão urbana	0
		reservatório	0

**TABELA 01: Ponderação dos temas e subtemas para seleção da área (JAKKO PÖYRY, 1992).**

<b>Geologia – Hidrogeologia</b>	5	Formação Corumbataí	10
		Formação Irati	10
		Suítes Básicas	5
		Formação Pirambóia	5
		Formação Tatuí	5
		Formação Itararé	5
		Formação Aquidauana	4
		Formação Rio Claro	4
		depósitos aluviais	0
		depósitos coluviais	0
<b>Recursos hídricos</b>	4	não tem rio	10
		tem rio	6
		reservatório	6
		áreas de manancial	0
<b>Tipos de solo</b>	3	latossolo roxo	10
		latossolo vermelho-escuro	9
		latossolo vermelho-amarelo	8
		terra roxa estruturada	7
		podzólico vermelho-amarelo	5
		solos litólicos	3
		areias quartzozas	2
		solos hidromórficos	0
<b>Recursos minerais</b>	2	não tem solicitações	10
		solicitações de pesquisa	8
		solicitações de lavra	4
<b>Infra-estrutura</b>	2	menos que dois (2) km	10
		mais que dois (2) km	7

A partir da análise da TABELA 01, verifica-se, dentre outros aspectos, que:

a) as suítes básicas aparecem com baixa pontuação (5), sendo que a área escolhida apresenta justamente esta característica, conforme será visto à frente;

b) a existência de cobertura de latossolo roxo confere à área pontuação máxima, qual seja, 10. Como este solo é resultante, na região, da alteração de rochas básicas, ocorre uma incoerência com os pesos adotados para o item anterior;

c) não foram considerados na TABELA 01, fatores como uso da água, estruturas geológicas, espessura de manto de alteração, profundidade dos níveis d'água subterrâneos, etc.;

d) recursos minerais: só foram considerados os requerimentos existentes no DNPM e não as áreas efetivamente em uso, bem como, planos de lavra e de recuperação;

- e) os aspectos referentes à infra-estrutura dizem respeito apenas aos acessos viários; e
- f) não se justificou a exclusão das formações coluvionares dos critérios de seleção de áreas.

### 4.3.3 Seleção Preliminar de Áreas Prioritárias

A partir da análise de 2.065 quadriculas através das quais foi subdividida a região considerada, foram selecionadas sete áreas (FIGURA 02) que apresentaram as seguintes características:

- a) ocupação do solo dada pela cultura de cana-de-açúcar;
- b) afloramentos de formações do Grupo Passa Dois;
- c) cobertura superficial de latossolo roxo;
- d) ausência de rios dentro da área;
- e) ausência de requerimentos de pesquisa e lavra mineral; e
- f) distância menor de dois quilômetros da infra-estrutura viária.

Em razão de ser utilizada futuramente como manancial, uma das sete áreas pré-selecionadas (Área 7, FIGURA 02) foi descartada.

A partir das seis áreas pré-selecionadas (FIGURA 02), a Consultora responsável pela elaboração do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), em conjunto com a Comissão que gerenciava os trabalhos, realizaram visitas de campo para definir aquela que seria objeto de estudos de microlocalização.

Parte da área da quadrícula selecionada para o estudo de microlocalização (Área 6, FIGURA 02), pertencia à empresa Brunelli. Desta área, foram selecionados 20 ha para ser objeto de detalhamento do projeto.

Quanto às restrições referentes às legislações municipais, diagnosticou-se, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que os municípios considerados não apresentavam seus Planos Diretores devidamente aprovados, não se encontrando claramente definidas as áreas urbanas e de expansão urbana, o que levou a ser estimado um raio de dois (2) km em torno das áreas urbanas atuais.

Cabe observar que, no caso da área selecionada para detalhamento do projeto, a ocupação do entorno não se constituiu um problema, uma vez que, como já mencionado, a área

pertence ao próprio empreendedor, que possuía uma gleba muito maior do que a necessária para a implantação do aterro. Dessa forma, seria possível que o controle da ocupação fosse feito pelo próprio proponente do projeto.

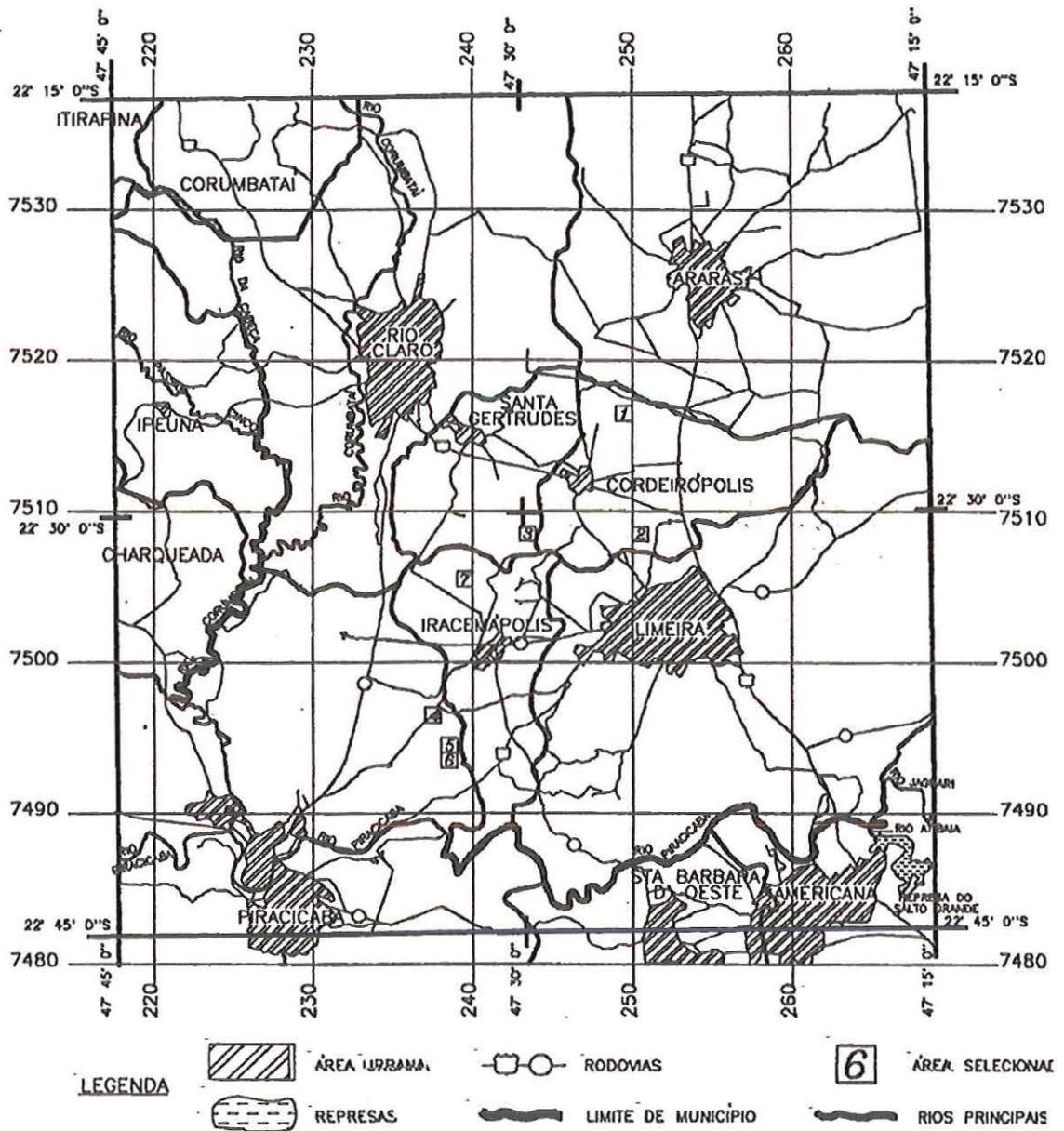


FIGURA 02 – Áreas selecionadas. Escala aproximada 1/500.000 (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. I, p.11).

#### 4.3.4 Avaliação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

Conforme mencionado no Capítulo 1, foi solicitada ao IPT uma avaliação sobre alguns aspectos do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) apresentado (ver também Capítulo 5).

A partir da avaliação efetuada, ressalta-se as seguintes conclusões principais, no que diz respeito à metodologia utilizada para a seleção de áreas para implantação do empreendimento:

a) em razão de tratar-se de metodologia geral sujeita a critérios variáveis, foi avaliada como necessária a inclusão formal de etapa de retroanálise, na qual poderia ter sido julgado se os critérios aplicados forneceram resultados compatíveis ou se precisariam ser revistos;

b) deveriam ter sido fornecidas a procedência e informações mais detalhadas sobre o *software* utilizado, incluindo referências que validassem sua aplicação;

c) a malha de quadrículas de 1 km<sup>2</sup>, os dados de entrada e as condições de contorno utilizados para aplicação do programa não foram fornecidos. Também não se definiu como as áreas contendo limites entre os subtemas identificados seriam tratadas, considerando-se que essas informações são importantes para avaliar a razão dessas áreas pré-selecionadas serem as melhores, bem como a das descartadas serem as piores;

d) o critério de locação para o tema expansão urbana, para o qual adotou-se um raio de dois (2) km em torno das atuais áreas urbanas foi considerado no mínimo discutível, uma vez que na região estudada verifica-se a ocorrência de diversas conurbações, e levando-se em conta, ainda, o longo período previsto de operação do aterro (15 anos);

e) os temas de geologia e hidrogeologia deveriam ter sido analisados individualmente em razão da sua importância. Também foi observada a utilização do critério de permeabilidade somente, tendo sido desconsiderados outros critérios, tais como os aspectos estruturais das áreas selecionadas;

f) a definição dos subtemas dos recursos hídricos não foi adequada, uma vez que poderiam ter sido utilizados critérios como divisão por sub-bacias hidrográficas, considerando a importância estratégica dos recursos ali contidos para abastecimento público, a diferenciação das quadrículas, de acordo com a expressão dos cursos d'água nelas existentes e a proximidade de obras para abastecimento público;

g) os aspectos identificados nas áreas pré-selecionadas foram apresentados em tabelas, sendo que poderiam ter sido apresentados em plantas relativas à geologia, aos solos e ao

uso e ocupação do solo;

h) a partir da eliminação de uma área pré-selecionada, entendeu-se que a definição e atribuição de peso, aos temas e subtemas, deveriam ser totalmente revistos e uma nova interação executada, uma vez que esse fato é indicativo da inadequabilidade dos critérios utilizados; e

i) o fato da área pertencer ao empreendedor não foi lembrado, porém somente este fator não justificaria a escolha da área 6 em detrimento de outras, devendo a escolha desta ser justificada a partir de critérios ambientais, econômicos, etc.

A partir dessa avaliação, verifica-se que a metodologia utilizada para a seleção de áreas mostrou-se falha em diversos aspectos, principalmente na desconsideração de determinados parâmetros relacionados à geologia e hidrogeologia, além da falta de uma abordagem mais ampla da questão dos recursos hídricos e representação espacial dos temas selecionados.

#### **4.4 Justificativa Econômica**

Como premissas para a avaliação da viabilidade econômica do aterro, foram adotados critérios de projeto, baseados no diagnóstico realizado, no qual considerou-se a quantidade de resíduos a serem dispostos e o custo por tonelada para disposição. Estes valores são os seguintes:

- Classe I: 2.500 t/ano a 100,00 dólares por tonelada; e
- Classe II: 125.000 t/ano a 20,00 dólares por tonelada.

Isto resultaria num faturamento anual total de 2.750.000,00 (dois milhões e setecentos e cinquenta mil) dólares, para um total de investimento de 7.017.000,00 (sete milhões e dezessete mil) dólares ao longo dos quinze anos previstos de operação.

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), consta que, no primeiro ano de investimento, ocorreria um rendimento líquido de 1.973.000,00 (um milhão, novecentos e setenta e três mil) dólares e que seriam gastos desse total 993.000,00 (novecentos e noventa e três mil) dólares em taxas e impostos.

Dessa forma, concluiu-se que o empreendimento era economicamente viável.

#### **4.5 Comentários sobre a Justificativa do Empreendimento**

Como comentário final, entende-se que na metodologia de avaliação de impacto ambiental contida no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), previu-se que os estudos a serem desenvolvidos para a seleção de áreas deveriam levar a uma conclusão sobre qual alternativa causaria menos impacto ambiental, a qual seria a selecionada para a implantação do empreendimento. Neste caso, os estudos foram desenvolvidos em escalas regionais, não havendo a consideração de parâmetros mais adequados, tais como, fragilidade dos aquíferos e espessuras de mantos de alteração, associados à profundidade do solo, entre outros aspectos comentados acima. Isto tornou inviável o procedimento de seleção da alternativa de menor impacto ambiental, tendo ocorrido, portanto, um erro conceitual no trabalho desenvolvido.

Também podem ser identificadas algumas incorreções no processo de seleção de áreas, uma vez que, após o término do processo, a Área 7 foi eliminada, fato este que poderia invalidar a metodologia aplicada. Outro ponto que pode ser observado é o fato de ter sido atribuída pontuação máxima para cobertura de latossolo roxo, resultante da alteração de rochas básicas, e pontuação baixa (cinco) para áreas de ocorrência de suítes básicas, o que é incoerente, não tendo sido justificado no EIA tal procedimento.

Quanto às outras questões (justificativa tecnológica, econômica, etc.) entende-se que essas foram tratadas de forma satisfatória.

## 5 ASPECTOS BÁSICOS E CONCEITUAIS

Em 23.01.86, foi publicada a Resolução Conama - 001/86, através da qual foi estabelecido que a implantação de atividades modificadoras do meio ambiente deve ser precedida de licenciamento ambiental de competência do órgão estadual do meio ambiente e condicionado à elaboração de **Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental – Rima**. Nessa Resolução, é apresentada uma lista exemplificativa dos empreendimentos sujeitos a licenciamento, estando discriminada em seu artigo 2º inciso X a “implantação de aterros sanitários ou o processamento de resíduos tóxicos ou perigosos”.

Em 19.12.97 foi publicada a Resolução Conama - 237/97; consta de seu artigo 1º inciso III, que, além dos EIA e Rima, **estudos ambientais** seriam todos aqueles “relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou de um empreendimento”, devendo ser apresentados como subsídio para a análise da licença ambiental requerida.

Discute-se aqui, principalmente, os aspectos básicos e conceituais da abordagem e relevância do meio físico, conforme definido mais à frente, em estudos ambientais, elaborados como subsídio ao licenciamento prévio, conforme definido pelas citadas Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama, de unidades de disposição de resíduos sólidos, licenciamento este que corresponde ao processo de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA. Evidentemente, pelo fato dos processos de AIA terem um caráter essencialmente interdisciplinar, muitas das questões afeitas aos meios biótico e antrópico necessariamente deverão ser abordadas.

Deve-se observar, ainda, que conforme definido por FORNASARI FILHO et al. (1992), será dada ênfase aos processos do meio físico mais diretamente ligados aos ciclos geológicos (solos, rochas e águas), campo estudado pelas geociências e, mais especificamente, pela geologia de engenharia.

Elaborou-se aqui uma revisão bibliográfica, para o estabelecimento de uma base conceitual sobre os processos do meio físico, no contexto de avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de unidades de disposição de resíduos sólidos.

## 5.1 Legislação Ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente foi instituída pela Lei Federal 6938/81 de 31.08.81, com o objetivo de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, estando previsto para a consecução desse objetivo a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA e uma série de outros instrumentos complementares e inter-relacionados, podendo-se citar, dentre outros, o licenciamento e revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, que exige a elaboração de EIA e/ou de outros documentos técnicos, os quais constituem instrumentos básicos de implementação da AIA, sendo este processo um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente de grande importância para a gestão institucional de planos, programas e projetos, nos níveis federal, estadual e municipal.

Na Lei Federal - 6938/81 foram introduzidos alguns conceitos, a saber:

a) meio ambiente: "...conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas";

b) degradação da qualidade ambiental: "...alteração adversa das características do meio ambiente";

c) poluição: "...degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos"

d) poluidor: "...pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental"; e

e) recursos ambientais: "a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora".

Na publicação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - Ibama denominada "Avaliação de Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas" (IBAMA, 1995), é entendido que, diferentemente do ocorrido em países desenvolvidos, a AIA no

Brasil não foi implantada como consequência de pressões sociais e do avanço da consciência ambientalista, mas sim por exigência de organismos multilaterais de financiamento como Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID e Banco Mundial - Bird. Essas exigências decorreram, principalmente, tanto das repercussões internacionais dos impactos ambientais causados pelos grandes projetos de desenvolvimento implantados na década de 70, como dos desdobramentos da Conferência de Estocolmo de 1972, na qual foi recomendado aos países, de um modo geral, a inclusão da AIA no processo de planejamento e decisão de planos, programas e projetos de desenvolvimento.

O EIA foi introduzido no sistema normativo brasileiro através da Lei Federal - 6803/80 de 02.07.1980 (CLÁUDIO e KONO, 1997), a partir da qual tornou-se obrigatória a apresentação de “estudos especiais de alternativas e de avaliações de impacto” para a localização de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares.

Posteriormente, conforme já citado anteriormente, através da Resolução Conama - 001/86, foi estabelecido que a implantação de atividades modificadoras do meio ambiente, com significativo impacto ambiental, dependerão da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental - EIA, a ser submetido à aprovação do órgão estadual competente.

Também consta da Constituição Federal de 1988, a obrigatoriedade do Poder Público de exigir o Estudo Prévio de Impacto Ambiental, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente. Na Constituição Estadual de 1988, em seu Artigo 192 é previsto que “A execução de obras, atividades, processos produtivos e empreendimentos e a exploração de recursos naturais....., serão admitidas se houver resguardo do meio ambiente ecologicamente equilibrado”; e no parágrafo 2º deste artigo, que “A licença ambiental,....., para a execução e exploração mencionadas no “caput” deste artigo, quando potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, será sempre precedida, conforme critérios que a legislação especificar, da aprovação do Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório a que se dará prévia publicidade, garantida a realização de audiências públicas”.

A partir da verificação da grande diversidade de empreendimentos dessa natureza, sobretudo no que se refere ao porte, periculosidade dos resíduos a serem dispostos e fragilidade do sítio selecionado para sua implantação, o Conselho Estadual do Meio Ambiente - Consema, aprovou através da Deliberação - 020 de 27.07.90, o manual de orientação “Critérios de exigência de EIA/Rima e roteiros para sua elaboração em relação a usinas de reciclagem e/ou compostagem, aterros para resíduos sólidos domiciliares e industriais e incineradores”, no qual foram estabelecidos os critérios utilizados pelas equipes técnicas da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA - SP), para a aplicação das

diretrizes da Resolução Conama - 001/86, nos casos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, sejam eles de origem domiciliar, industrial ou de serviços de saúde.

Conforme consta do referido manual (SMA, 1991, p. 01) "...o EIA/Rima não consiste em mera exigência formal necessária à obtenção do licenciamento. Ele é um dos instrumentos da política de controle das condições ambientais, ao avaliar os impactos produzidos por uma determinada atividade em sua área de influência, cabendo à equipe técnica, responsável pela análise dos estudos ambientais, decidir sobre a necessidade ou não de sua apresentação." A título de exemplo, na TABELA 02, são apresentados os critérios estabelecidos para pedido de EIA para a disposição de resíduos industriais.

**TABELA 02 - Critérios para pedido de EIA para disposição de resíduos industriais (modificada de SMA, 1991).**

Tipo de destinação	Critério	Precisa de EIA	Dispensa de EIA	Para deliberação da equipe técnica da SMA
Aterros industriais não integrados a unidades ou complexos industriais, incluindo ampliações		1. disposição de resíduos Classe I (perigosos) 2. se a área selecionada estiver em áreas de interesse ambiental	disposição de resíduos sólidos industriais Classe III, em quantidade inferior a 50 t/dia ou a 1000 m <sup>3</sup> /dia	disposição de resíduos sólidos industriais Classe III em quantidade superior a 50 t/dia ou resíduos sólidos industriais não perigosos (Classe II)

Na Resolução SMA - 042 de 29.12.94, foram estabelecidos os procedimentos para análise de EIA na âmbito da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo (SMA – SP). Nos casos previstos no artigo 2º da Resolução Conama - 001/86, o empreendedor requererá a licença ambiental, instruída com o Relatório Ambiental Preliminar - RAP, conforme roteiro de elaboração, sendo que após análise, a SMA através do Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - Daia, poderá tomar as seguintes decisões:

- a) indeferir o pedido de licença, em razão de impedimentos legais ou técnicos;
- b) exigir a apresentação de EIA/Rima; ou
- c) dispensar a apresentação do EIA/Rima, emitindo a Licença Prévia com base no conteúdo técnico do RAP.

Para os casos em que houver a exigência de apresentação de EIA, anteriormente à elaboração deste, deverá ser apresentado um Plano de Trabalho, no qual deverá ser explicitada a metodologia e o conteúdo dos estudos necessários à avaliação de

todos os impactos ambientais relevantes do Projeto. Com base na análise do Plano de Trabalho, do RAP e de outras informações constantes do processo de licenciamento, incluindo a participação da população diretamente afetada em audiências públicas ou através de comunicação direta ao Daia, o Departamento definirá o Termo de Referência - TR para a elaboração do EIA.

Após análise do EIA, denominada de “revisão” na Resolução SMA - 042/94, o Daia emite um “Parecer Técnico” sobre a qualidade técnica do Estudo, bem como da análise da viabilidade ambiental da implantação e operação do empreendimento, considerando todas as medidas mitigadoras e compensatórias propostas, informando se foi demonstrada a viabilidade ambiental do empreendimento e estabelecendo as exigências para as etapas seguintes do licenciamento.

Posteriormente, com a publicação da Resolução SMA - 050/97 de 25.07.97, os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios, projetados para receber quantidade igual ou inferior a 10 t/dia, desde que não estejam localizados em áreas de interesse ambiental, foram dispensados do licenciamento prévio, conseqüentemente da apresentação de RAP.

Na Lei Estadual - 9509 de 20.03.97, que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente constituindo o “Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais – Seaqua”, em seu Capítulo III, artigo 19, consta que “A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento, no órgão estadual competente, integrante do Seaqua, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.”.

No parágrafo 2º do mesmo artigo, foi estabelecido que “o EIA/Rima será realizado por técnicos habilitados, cabendo ao coordenador do projeto registrar o Termo de Responsabilidade Técnica no Conselho Regional de sua categoria profissional”.

Em seu artigo 20, foi estabelecido que o poder público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

**I - Licença Prévia (LP)**, na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo os requisitos básicos a serem atendidos na fase de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais e federais de uso do solo e desenvolvimento;

**II - Licença de Instalação (LI)**, autorizando o início da implantação de

acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado; e

III - **Licença de Operação (LO)**, autorizando após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação.”.

A publicação da Resolução Conama - 237/97 de 19.12.97, teve como objetivo a revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, além da necessidade de regulamentação dos aspectos do licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente que não foram definidos, como a necessidade de critérios para o exercício da competência para o licenciamento a que se refere o artigo 10 da Lei Federal - 6938 e a necessidade de se integrar a atuação dos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente.

Para efeito dessa Resolução foram adotadas as seguintes definições:

“**Licenciamento Ambiental**: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente **poluidoras** ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar **degradação ambiental**, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.

“**Licença Ambiental**: ato administrativo pelo qual o órgão competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.”

“**Estudos Ambientais**: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco”.

No artigo 2º dessa Resolução, foi estabelecido que: “A localização, construção, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como, os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão

de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.”

Outros itens da Resolução merecem destaque, como:

“Art. 3º - A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/Rima), ao qual dar-se-á publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.”

“Parágrafo único. O órgão ambiental competente, verificando que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, definirá os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de licenciamento”.

“Art. 8º - O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

I - **Licença Prévia (LP)** - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.

II - **Licença de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes da qual constituem motivo determinante.

III - **Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação”.

Em 08.09.76, foi publicado o Decreto Estadual - 8468/76, que “Aprova o Regulamento da Lei Estadual - 997 de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio-ambiente”, sendo que a partir desta data o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente, passou a ser regido por este regulamento”.

Em seu artigo 52, foi estabelecido que “O solo somente poderá ser utilizado para destino final de resíduos de qualquer natureza, desde que sua disposição seja feita de forma adequada, estabelecida em projetos específicos de transporte e destino final, ficando vedada a simples descarga ou depósito, seja em propriedade pública ou particular.”

Em seu artigo 57, são consideradas fontes de poluição, para efeito de obtenção das licenças de instalação e funcionamento:

“IV - sistemas públicos de tratamento ou de disposição final de resíduos ou materiais sólidos, líquidos ou gasosos;

VIII - serviços de coleta, transporte e disposição final de lodos ou materiais retidos em unidades de tratamento de água, esgotos ou de resíduo líquido industrial;”

A partir do estabelecido neste Decreto, após o licenciamento prévio, as unidades de disposição de resíduos sólidos, sejam estes de natureza doméstica ou industrial, devem ser licenciadas, controladas e fiscalizadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Cetesb, incluindo sua desativação, recuperação e destinação final.

Quanto às condições dos aterros sanitários no Estado de São Paulo, foi publicado em 27.01.98 (Resolução SMA - 013/98) o “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos”, tendo sido estabelecido o “Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos”, para efeito da classificação final da destinação dos resíduos sólidos urbanos. A partir do referido índice, foi feita a seguinte classificação:

**TABELA 03 - Índice de qualidade dos resíduos (Resolução SMA – 013/98)**

IQR	ENQUADRAMENTO
Igual ou menor que 6,0 pontos	condições inadequadas
Maior que 6,0 pontos e inferior a 8,0 pontos	condições controladas
Igual ou superior a 8,0 pontos	condições adequadas

Basicamente, na definição da pontuação foram considerados aspectos relativos à localização (capacidade de suporte do meio, proximidade de corpos d’água e de núcleos habitacionais, profundidade do lençol freático, etc.), infra-estrutura (cercamento da área, drenagem de chorume e de águas pluviais, impermeabilização da base do aterro, etc.) e condições operacionais (recobrimento diário dos resíduos, funcionamento dos sistemas de drenagem, implementação de monitorização da água subterrânea, etc.).

Também foi ressaltado que de um total de 18.232 t/dia de resíduos gerados no Estado, apenas 10,9% são dispostos em unidades adequadas, situação esta que se agrava quando considerados os municípios do Estado, uma vez que de um total de 645 municípios, apenas 27 dispunham seus resíduos em unidades adequadas.

### 5.1.1 Conteúdo mínimo dos Estudos Ambientais

Conforme o Roteiro para Elaboração de RAP (SMA, 1995), concebido pelo Daia para os sistemas de tratamento e disposição final de Resíduos Sólidos, os **estudos ambientais**, elaborados como subsídio ao licenciamento ambiental, devem apresentar como conteúdo mínimo os seguintes itens:

- objeto de licenciamento;
- justificativa do empreendimento;
- caracterização do empreendimento;
- diagnóstico ambiental preliminar da área de influência;
- identificação dos impactos ambientais; e
- medidas mitigadoras.

Além destes itens deve ser apresentada a seguinte documentação mínima:

- Certidão de Uso do Solo (Prefeituras Municipais);
- exame técnico do órgão ambiental das Prefeituras Municipais envolvidas;
- Parecer Técnico Florestal do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN;
- equipe técnica que elaborou o RAP, com respectivos registros profissionais; e
- Anotação de Responsabilidade Técnica - ART .

O conteúdo destes itens serão detalhados abaixo.

No Manual de Orientação elaborado pela SMA em 1991, foram estabelecidos roteiros para elaboração de EIA de sistemas de tratamento, transbordo e disposição final de resíduos sólidos. Para o caso de “Aterros para Resíduos Sólidos Domiciliares e/ou Industriais”, foi estabelecido que devem ser apresentadas as seguintes informações básicas:

a) informações gerais:

a.a.) do EIA e do Rima: nome e localização do empreendimento, dados do empreendedor e da empresa consultora, nome, formação e registro profissional dos técnicos e consultores que participaram da elaboração do Estudo; e

a.b) do empreendimento: histórico, síntese dos objetivos, justificativa, alternativas locacionais e tecnológicas, disposições legais de zoneamento, políticas setoriais,

planos e programas governamentais.

b) caracterização do empreendimento: caracterização detalhada do aterro nas fases de planejamento, implantação, operação e de possíveis expansões e desativação. Tem-se as seguintes informações básicas:

b.a) quantitativo da geração e caracterização qualitativa dos resíduos;

b.b) vida útil e previsão de aumento da geração;

b.c) informações sobre transporte e disposição dos resíduos, indicando tipo/capacidade dos caminhões de coleta e número de viagens diárias;

b.d) número de funcionários e período de funcionamento;

b.e) dados sobre a infra-estrutura básica existente no local, como: fornecimento de energia elétrica, fonte de abastecimento de água e destinação de esgotos;

b.f) concepção do projeto e síntese do memorial descritivo, incluindo plantas em escalas compatíveis com as seguintes informações: área total, área de emergência (disposição provisória), acessos, forma de isolamento, aterro de base, sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem sub-superficial, sistema de drenagem de gases, impermeabilização superior do aterro e recalques;

b.g) tecnologia selecionada e operação do aterro incluindo sua manutenção após conclusão; e

b.h) detalhamento técnico das áreas de empréstimo contendo dados como: previsão quantitativa do material a ser utilizado, plantas das áreas a serem exploradas e informações sobre o transporte e recepção dos materiais indicando tipo e capacidade dos veículos, número de viagens diárias e roteiros utilizados.

c) área de influência do aterro

Devem ser apresentados os limites geográficos da área de influência que será direta ou indiretamente afetada pela implantação e operação do aterro. Importante salientar que as áreas de incidência dos impactos deverão ser apresentadas de forma que fique claro os distintos contornos para as diversas variáveis enfocadas.

d) diagnóstico ambiental da área de influência: inclui a descrição e análise dos fatores ambientais e suas interações, caracterizando a situação da área de influência definida anteriormente à implantação do empreendimento.

d.a) meio físico:

d.a.a) caracterização climática: dados pluviométricos, evapotranspiração, temperaturas (médias, máximas e mínimas anuais) e predominância e direção dos ventos;

d.a.b) qualidade do ar;

d.a.c) níveis de ruídos;

d.a.d) caracterização geomorfológica incluindo levantamento planialtimétrico (escala não inferior a 1:2000) e dados sobre a dinâmica do relevo como erosão, assoreamento, inundação, etc.);

d.a.e) caracterização geológica e de solos da área potencialmente atingida pelo empreendimento; e

d.a.f) dados sobre os recursos hídricos abordando hidrologia superficial (classificação dos corpos d'água, mananciais de abastecimento, distanciamento da área do aterro), hidrogeologia (caracterização dos aquíferos), qualidade e usos das águas.

d.b) meio biótico

Deve ser realizada a caracterização e análise dos ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição na área diretamente ou indiretamente atingida pelo empreendimento.

d.c) meio antrópico

Devem ser apresentados dados como dinâmica populacional da região e uso e ocupação do solo, incluindo vias e meios de acesso, identificação de usos urbanos e rurais, existência de unidades de conservação, etc.

e) análise dos impactos ambientais: deve ser apresentada uma análise dos prováveis impactos ambientais incidentes em qualquer das etapas do empreendimento, para os meios físico, biótico e antrópico. Para efeito de análise os impactos são considerados como:

- diretos e indiretos
- temporários e permanentes
- benéficos e adversos
- imediatos e a médio e longos prazos
- reversíveis e irreversíveis
- locais, regionais e estratégicos

É ressaltado que este item deve ser apresentado através de uma síntese conclusiva dos impactos relevantes de cada fase prevista para o empreendimento e descrição detalhada dos impactos sobre cada fator ambiental relevante no diagnóstico ambiental. Devem ainda ser apresentados os métodos de identificação dos impactos, as técnicas de previsão de sua magnitude e critérios adotados para interpretação e análise de suas interações.

f) medidas mitigadoras: devem ser apresentadas as medidas para minimização dos impactos identificados no item anterior, devendo ser classificadas como:

f.a) quanto à natureza: preventiva ou corretiva;

f.b) em relação à fase do empreendimento em que devem ser adotadas;

f.c) de acordo com o fator ambiental a que se relaciona (físico, biótico ou

socioeconômico); e

f.d) responsabilidade de sua implementação.

Também devem ser mencionados os impactos adversos que não podem ser evitados ou mitigados.

g) programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais: solicitadas as seguintes informações:

g.a) indicação e justificativa dos parâmetros selecionados;

g.b) indicação e justificativa da rede de amostragem, incluindo dimensionamento e localização;

g.c) indicação e justificativa dos parâmetros, métodos de coleta e análise das amostras;

g.d) identificação e justificativa da periodicidade de amostragem para cada parâmetro;

g.e) identificação dos métodos de processamento dos dados obtidos; e

g.f) previsão do uso futuro da área.

## 5.2 Avaliação de Impacto Ambiental - AIA

Conforme consta da Lei Federal - 6938/81 considera-se meio ambiente como “...o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Segundo a Resolução Conama - 001/86: “...considera-se impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta, ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

CLÁUDIO e KONO (1997), em seu artigo “Evolução do quadro institucional ambiental no Estado de São Paulo nas últimas quatro décadas, com ênfase para AIA”, traçam um quadro dos principais eventos marcantes da evolução do processo de AIA nos níveis Federal e Estadual. Assim, pode-se destacar:

a) década de 60: marcada principalmente pelo conflito entre a crescente necessidade de utilização de recursos naturais e a manutenção de um padrão aceitável de qualidade ambiental. Tem-se como fato relevante desta década a implementação nos Estados Unidos do “*National Environmental Policy Act - Nepa*” em 1969, através do qual foram

definidos os objetivos da política ambiental daquele país, sendo determinado que todos os projetos de responsabilidade do governo federal que potencialmente pudessem afetar significativamente o meio ambiente, tivessem seus impactos ambientais devidamente avaliados, dando início à disseminação da AIA nos países desenvolvidos e em desenvolvimento;

b) década de 70: a Conferência de Estocolmo, realizada no início da década, é considerada como o marco para a eclosão da “questão ambiental” no mundo. Outro destaque é dado para a introdução da necessidade de AIA nos critérios de organismos internacionais e agentes financeiros. Em São Paulo através da promulgação da Lei Estadual - 997 regulamentada pelo Decreto Estadual - 8468, ambos de 1976, conferem à Cetesb o sistema de prevenção, controle da poluição e preservação do meio ambiente, tornando obrigatório o licenciamento de atividades potencialmente causadoras de poluição, incluindo a disposição de resíduos;

c) década de 80: na esfera federal através da Lei Federal - 6803 de 02.07.80, passou a ser exigido os “Estudos de Impactos Ambientais” para a implantação de zonas de uso estritamente industrial destinadas à localização de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares. Através da Lei Federal - 6938 de 31.10.81 foi estabelecida a Política Nacional do Meio Ambiente, tornando-se o processo de AIA um instrumento dessa Política. Posteriormente, através do Decreto Federal - 88351/83 de regulamentação da Lei 6938, a AIA passa a estar vinculada ao processo de licenciamento. Por este Decreto também foram definidos os tipos de licenças a serem expedidas, e as fases de licenciamento, com o estabelecimento das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO). Nesta década também é publicada a Resolução Conama - 001 de 23.01.86, que traz os critérios básicos e diretrizes gerais para a implementação da AIA. Finalmente, considera-se que a AIA ganha contornos mais definidos com a promulgação da Constituição Federal de 1988 que estabelece a sua exigência “...para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente...”. No nível Estadual foi instituída pelo Governo do Estado o Sistema Estadual do Meio Ambiente e criada a Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Somente em 1989 tem-se a regulamentação desta Secretaria, tendo sido remetido para sua competência o licenciamento sujeito ao processo de AIA. No caso de unidades de disposição de resíduos sólidos, as licenças de instalação e funcionamento ficam a cargo da Cetesb, conforme já mencionado.

d) década de 90: tem-se como destaque a promulgação da Lei Estadual - 9509 de 20.03.97 que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e constitui o Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e

Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais - Seaqua, cuja regulamentação encontra-se em andamento. Neste sistema procura-se consolidar e aprimorar os procedimentos para o desenvolvimento da AIA no Estado.

WANDEFORDE-SMITH e VEROCAI (1985), entendem que a AIA vinha sendo utilizada em países em desenvolvimento devido a pressões externas, principalmente de organismos financiadores, organizações ambientais e entidades científicas. Porém, quando projetos são desenvolvidos sem ajuda internacional, a utilização deste instrumento, decorria, muitas vezes, de pressões exercidas por elites políticas, que utilizavam o arcabouço burocrático existente para determinar sua realização.

Segundo WATHERN (1988), os termos impacto ou efeito ambiental são considerados sinônimos. Para o autor o impacto apresenta componentes temporais e espaciais e pode ser descrito como uma mudança num determinado parâmetro do meio ambiente, num determinado período e numa área definida, mudança esta comparada com a situação anterior ao início da atividade. Para a identificação dos impactos, devem ser assumidas algumas premissas quanto às mudanças naturais do ambiente. O autor considera que os aspectos espaciais dos impactos, ou seja sua área de influência, são melhor caracterizados que seus aspectos temporais. Usualmente, são distinguidos os impactos diretos, ou primários, e os indiretos, de segunda, terceira ou outras ordens.

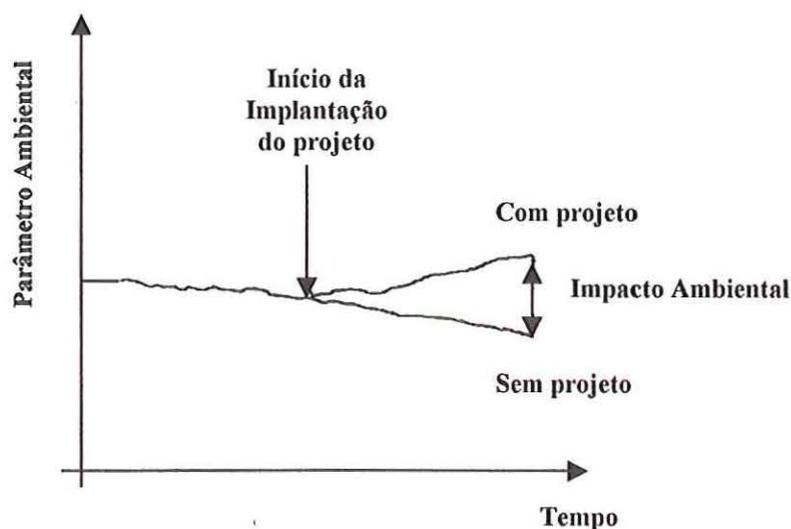


FIGURA 03 - Impacto Ambiental (WATHERN, 1988)

Segundo este autor, a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, foi formalizada nos Estados Unidos através de uma Lei Federal denominada NEPA - *National Environmental Policy Act* de 1969, sendo que a partir desta data teve ampla difusão internacional, sendo implementada em muitos países e organizações internacionais.

Conforme já mencionado, no Brasil, a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA foi instituída pela Lei Federal 6938/81, referente à Política Nacional de Meio Ambiente (CLÁUDIO et al., 1997). Em termos práticos, o início de sua aplicação dá-se a partir da Resolução Conama - 001/86, na qual foram estabelecidos os critérios básicos para a exigência de EIA como requisito prévio para o licenciamento de projetos e atividades potencialmente causadoras de significativo impacto ambiental. Dessa forma, tem-se que o processo de AIA no Brasil está vinculado ao processo de licenciamento ambiental, estando portanto restrito a projetos e atividades sujeitos a este licenciamento.

MUNN apud WATHERN (1988) afirmou que o processo de AIA estava sendo direcionado à identificação das prováveis conseqüências para o ambiente biogeofísico, para o bem estar e a saúde humana, da implementação de determinadas atividades. Para DAVIES & MULLER apud WATHERN (1988), os efeitos socioeconômicos também devem ser considerados para possibilitar uma análise completa.

WATHERN (1988) considera que a AIA constitui-se num processo que tem como objetivo primordial prover todos os responsáveis pela decisão da implementação de uma determinada atividade, de dados que indiquem as prováveis conseqüências da efetivação desta atividade. Considera também que o processo deva ser desenvolvido anteriormente à

submissão formal do projeto aos órgãos licenciadores. Ressalta que este objetivo não pode ser confundido como um processo no qual visa-se apenas a escolha da alternativa menos causadora de impacto ambiental, mas sim levar ao entendimento da melhor opção quando se está diante do problema de uma demanda por desenvolvimento e proteção ambiental.

Conclui-se que a grande contribuição da AIA para o gerenciamento ambiental, constitui-se na efetiva redução de impactos adversos, anteriormente à fase de licenciamento ambiental. Muito embora este processo tem sido aplicado para o gerenciamento ambiental de projetos, há possibilidade de sua aplicação em planos, programas e políticas governamentais, embora, destaca que o instrumento tem sido pouco aplicado com estes objetivos.

O resultado do processo referido acima, normalmente é apresentado como um documento formal que recebe várias denominações, porém a mais usual é “*Environmental Impact Statement - EIS*”, denominado no Brasil de “Estudo de Impacto Ambiental”.

O autor descreve os principais métodos de avaliação de impactos, sendo apresentados:

a) “*checklist*”: considerado como um método simples de avaliação de impactos, uma vez que são listados todos os impactos potenciais decorrentes de uma determinada atividade. A principal desvantagem mencionada consiste na consideração, para efeito de avaliação, de impactos pouco relevantes;

b) “matriz de Leopold”: apresentado por LEOPOLD et al. apud WATHERN (1988), é considerado um método usual para avaliação de impactos, tem a vantagem de considerar de fato os impactos relevantes para uma determinada atividade. Essa matriz é considerada como muito adequada para a fase de identificação de impactos, muito embora tem sido questionada sua eficiência para a identificação de impactos indiretos. Os impactos identificados também podem ser quantificados através da atribuição de números, geralmente numa escala de 1 a 10;

c) “*overlays*”: considerada uma técnica bastante usada em planejamento ambiental, uma vez que é muito adequada para a consideração de aspectos espaciais. Comumente são produzidas transparências nas quais são lançadas a distribuição espacial e intensidade de um impacto individual. Cada transparência produzida para este determinado impacto pode ser sobreposta de forma que seja apresentada a combinação de todos os impactos considerados. A desvantagem é que um pequeno número de impactos podem ser considerados, aproximadamente um máximo de 12 impactos, porém com o desenvolvimento de técnicas computacionais, este problema tem sido superado, além da possibilidade de

produção de transparências com agrupamento de um certo número de impactos.

CLARK (1994), em seu artigo “O Processo de AIA: Conceitos Básicos” considera que as avaliações de projetos anteriormente ao processo de AIA, eram frequentemente imperfeitas e limitadas à elaboração de “Estudos de Viabilidade Técnica e de Análise de Custo - Benefício”. A dificuldade da atribuição de valores monetários às questões ambientais levou ao desenvolvimento de uma nova abordagem que consistiu na avaliação de impacto ambiental. Ressalta que à época estava em curso tentativas do estabelecimento de uma ligação entre AIA, Análise Custo Benefício - ACB e avaliação de riscos.

O objetivo principal da AIA consiste em determinar os potenciais efeitos ambientais, sociais e sobre a saúde humana de um dado projeto, fornecendo aos decisores um levantamento das implicações das ações propostas, antes que a decisão seja tomada. Os resultados dessa avaliação são incorporados num documento denominado Estudo de Impacto Ambiental - EIA, onde são discutidos os efeitos benéficos e adversos da implantação do projeto.

Como principais fases do AIA o autor apresenta:

a) seleção de ações (“*screening*”): processo de decisão de quais projetos devem ser sujeitos à AIA. São considerados fatores como porte do projeto e fragilidade ambiental da área destinada à sua implantação;

b) definição do âmbito (“*scoping*”): definição de quais questões relevantes devem ser tratadas no âmbito do EIA;

c) preparação do EIA: análise científica e objetiva do significado e importância dos impactos identificados;

d) revisão: uma vez que os EIA são elaborados pelo proponente do projeto, normalmente há uma análise por parte das entidades governamentais competentes ou por uma comissão independente;

e) monitoramento: mecanismo geralmente adotado para verificar se as condições impostas pelo projeto estão sendo cumpridas; e

f) auditoria: conduzida para testar o rigor científico das previsões dos impactos, bem como para verificar as medidas de gestão ambiental.

Quanto aos métodos de AIA o autor cita, basicamente, aqueles considerados por WATHERN (1988), acrescentando que muitas vezes grupos multidisciplinares definem o âmbito do problema, identificam a informação existente e determinam os dados de base necessários, criando um modelo de simulação a ser usado na identificação dos impactos potenciais.

Por fim o autor considera que a integração da AIA num processo de decisão

resulta numa série de vantagens como:

a) uma vez identificados os potenciais impactos de um projeto, podem ser tomadas as devidas precauções para evitá-los ou mitigá-los;

b) podem ser identificadas áreas mais sensíveis a impactos adversos, orientando o processo de seleção de locais; e

c) no caso de nenhum local ser considerado adequado, a AIA pode servir de base para o estabelecimento de critérios que serão utilizados na seleção de locais mais adequados.

Ressalta que a AIA deve ser desenvolvida para um número reduzido de locais alternativos, sob o risco de tornar o processo muito moroso e caro.

BISSET (1994) apresenta as principais justificativas para o desenvolvimento de um processo de AIA:

a) identificação dos impactos;

b) caracterização e apresentação da informação relativa aos impactos de forma condensada, considerando sua probabilidade, reversibilidade, dimensões temporais e espaciais, etc.;

c) possibilidade de comparação de uma série de impactos, freqüentemente medidos em unidades não comparáveis como dB(A), g/m<sup>3</sup>, mg/l, etc.; e

d) contribuição para a seleção da alternativa menos causadora de impacto ao meio ambiente.

Como principais métodos de AIA cita:

- listas de verificação
- matrizes
- redes
- métodos de indexação
- mapas de sobreposição
- modelos de simulação

Ressalta porém que os métodos de AIA servem muitas vezes apenas como instrumentos de raciocínio durante as diversas fases do processo, podendo inclusive nem serem apresentados no documento final.

Conforme já mencionado, muitos dos métodos citados baseiam-se no escalonamento e ponderação dos impactos. O escalonamento visa possibilitar a utilização de uma unidade de medida comum e a ponderação a atribuição de importância relativa aos impactos. A partir da utilização de um determinado método tem-se a “valoração” dos impactos resultantes de uma determinada alternativa escolhida, sendo que a decisão da

melhor alternativa pode ser feita a partir da quantificação relativa da alternativa menos causadora de impacto, o que reduz, segundo o autor, a subjetividade na tomada de decisão.

O autor em sua avaliação sobre a AIA e a gestão de projetos, considera que na fase de planejamento do projeto não está disponível um detalhamento a respeito, porém, já se conhece sua natureza geral. Entende que nesta fase, o projeto já pode ser submetido ao processo de “*screening*”, para a decisão se deve ser preparado um EIA completo.

Na fase de estudos preliminares, durante a elaboração do EIA, já se pode proceder à análise se alguma das alternativas tecnológicas ou locacionais de um determinado projeto será desastrosa em termos ambientais, devendo esta ser descartada. As vantagens de uma análise preliminar são as seguintes:

- encontrar alternativas viáveis do ponto de vista ambiental; e
- fornecer indicações, em prazo relativamente curto, sobre os possíveis impactos significativos para um posterior trabalho de AIA.

Na fase de estudo de pré-viabilidade o autor considera que a principal atividade da AIA é a identificação dos impactos a investigar, e a formulação de Termos de Referência para o EIA. Esta atividade é definida como a definição do âmbito do estudo (“*scoping*”).

O autor ressalta que é importante a participação das comunidades locais já nesta fase do projeto, e justifica esta participação com as seguintes razões:

- a) pelo princípio genérico que o público em geral tem o direito de ser consultado previamente à realização de grandes projetos;
- b) a obtenção de um certo consenso sobre os impactos a serem estudados reduz a probabilidade que o EIA possa suscitar críticas nas fases posteriores, devido à omissão de questões de interesse público em sua elaboração; e
- c) pelo fato da população local possuir mais conhecimento das características ambientais locais da região que deverá ser afetada.

Para a fase de viabilidade, o trabalho de AIA deve ser realizado conjuntamente com a avaliação dos aspectos econômicos e técnicos, sendo nesta fase que a maior parte do processo de AIA se realiza. É conveniente, também, que sempre que possível os resultados da AIA sejam introduzidos nas análises de custo/benefício, sendo recomendável que sejam incluídos nestas análises os custos das medidas de mitigação e de monitoramento.

Na fase de avaliação do projeto e tomada de decisão, o proponente do projeto decide pela sua viabilidade ou não, muitas vezes esta decisão também é tomada por entidades financiadoras, devendo o proponente requerer a necessária autorização junto às agências governamentais, quando a elaboração de EIA é fundamental.

Quando da realização do projeto, o EIA servirá como ponto de referência para a implementação das medidas de mitigação e planos de monitoramento. Dessa forma, o EIA pode servir como um “plano de gestão” durante a realização do projeto e adoção das práticas de gestão. Quando o projeto estiver concluído, pode ser feita uma auditoria para a verificação se as predições feitas no EIA, correspondem aos impactos reais do projeto.

Por fim, o autor ressalta que o EIA se distingue de outros estudos relacionados com projetos devido à sua abrangência, sendo a AIA um processo multidisciplinar por excelência, constituindo-se num desafio em termos de gestão de projetos, não devendo a AIA ser confundida como uma atividade que acaba com a elaboração do EIA, mas tratando-se de um processo muito mais amplo, que deve ter continuidade até sua implantação e operação.

Segundo SÁNCHEZ (1998), o processo de AIA deverá ser sempre aplicado para fundamentar decisões quanto à viabilidade ambiental de obras e/ou atividades diversas que possam afetar negativamente o meio ambiente. Para aquelas atividades que tenham o potencial de causar **alterações ambientais significativas**, há necessidade da elaboração do EIA.

Para a exigência de elaboração de EIA o autor considera que devam ser observados os seguintes critérios:

- a) localização em áreas frágeis, tais como:
  - aa) proximidades de ecossistemas sensíveis como áreas úmidas, ~~recifes de coral~~ ou habitat de espécies ameaçadas de extinção;
  - ab) áreas de interesse histórico, arqueológico ou cultural;
  - ac) áreas densamente povoadas;
  - ad) onde possam ocorrer conflitos para a utilização de recursos naturais;
  - ae) ao longo de rios, em zonas de recarga de aquíferos ou áreas de mananciais; e
  - af) áreas com recursos minerais, solos agrícolas, etc.
- b) questões consideradas como sensíveis segundo critérios do banco financiador externo ou do país, como por exemplo, destruição de florestas tropicais, existência de áreas indígenas ou de reassentamento, disposição de resíduos tóxicos, etc.;
- c) natureza dos impactos, como perda de biodiversidade, riscos à saúde ou à segurança, ausência de medidas mitigadoras ou compensatórias eficazes, etc.; e
- d) magnitude dos impactos, incluindo a possibilidade da ocorrência de impactos cumulativos.

Para SADLER apud SÁNCHEZ (1998), a AIA é considerada como “...o

processo de identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos relevantes de ordem biofísica, social e outras, decorrentes de obras e projetos, previamente à tomada de decisões quanto a estas ações”.

Na FIGURA 04, são mostrados os principais componentes ou atividades do processo de AIA, processo este composto basicamente por três fases:

- a) etapas iniciais ou avaliação preliminar;
- b) análise ou avaliação detalhada; e
- c) implementação e acompanhamento: etapas pós-aprovação da proposta.

## Processo de avaliação de impacto ambiental

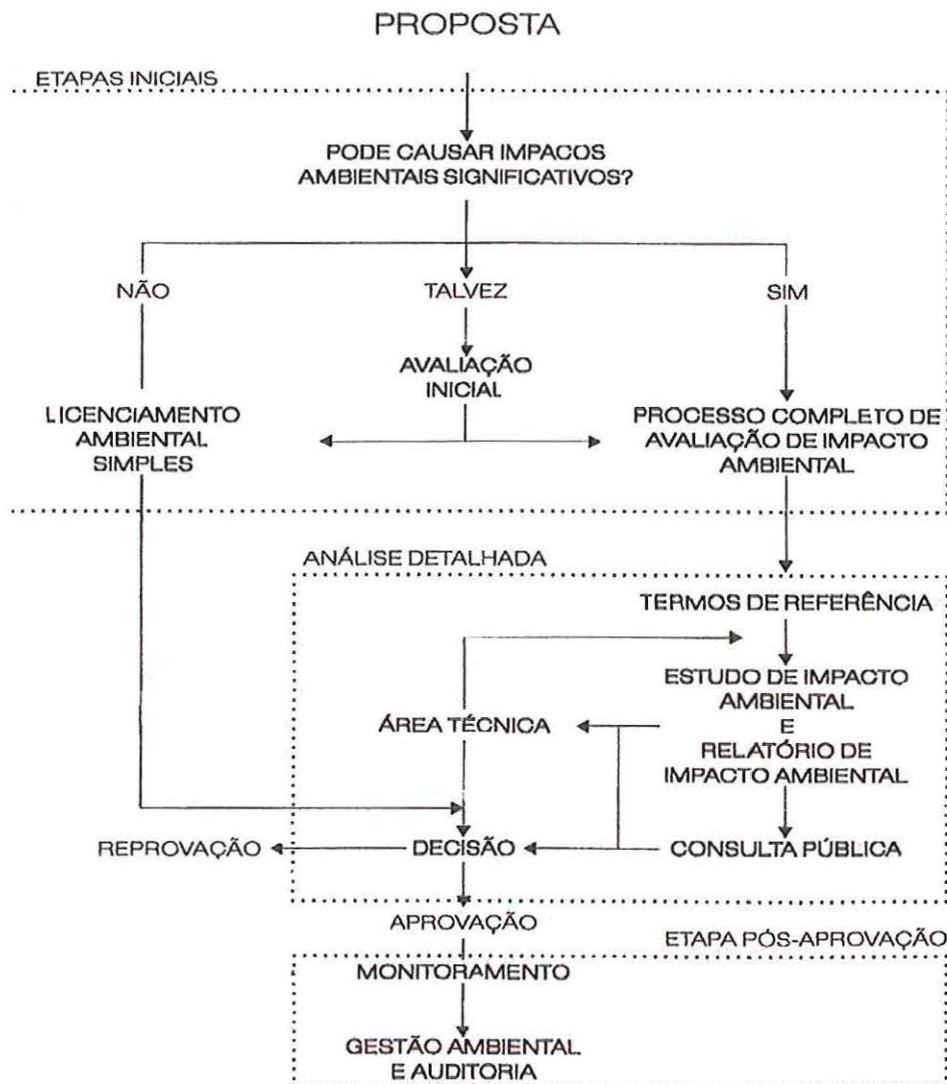


FIGURA 04 - Processo de avaliação de impacto ambiental (SÁNCHEZ,1998).

Em termos resumidos SÁNCHEZ op. cit., considera que a AIA consiste em todo o processo que visa subsidiar a tomada de decisão sobre a viabilidade de obras, atividades, políticas, planos ou programas que possam vir a causar impacto ambiental. São identificados alguns procedimentos importantes como avaliação preliminar, preparação de termos de referência e análise técnica dos estudos ambientais. Caso seja identificada a possibilidade da ocorrência de impactos significativos, deverá ser adotado um processo completo de AIA que inclui a elaboração de um EIA, que se constitui num estudo detalhado das possíveis conseqüências da implementação da atividade proposta, no qual devem ser

apresentadas também, alternativas de gerenciamento dos impactos.

A sistematização das etapas iniciais do processo de AIA e da correta decisão sobre quais empreendimentos devem ser submetidos ao processo completo de AIA, com elaboração de EIA, depende muito a eficácia do instrumento e sua credibilidade pública. É ressaltado por fim, que o processo de AIA não termina com a emissão da licença prévia, devendo continuar nas etapas de implantação, funcionamento e desativação.

Segundo IBAMA (1995), tem-se os seguintes métodos de AIA principais:

a) lista de checagem (*checklist*): consiste numa listagem simples dos indicadores selecionados para análise dos efeitos decorrentes da implantação do projeto, podendo ser acompanhada ou não de uma caracterização de cada indicador listado, explicitando-se a base científica de sua escolha e relação com demais indicadores;

b) matriz de interação: forma de organização de informações que permite a visualização das relações entre indicadores relativos ao meio natural e indicadores relativos ao meio antrópico. Sua principal limitação refere-se à impossibilidade de representação de efeitos em cadeia. No Brasil a Matriz de Leopold é a mais utilizada, consistindo em uma matriz bidimensional que contém em sua concepção original, uma centena de ações relativas ao empreendimento e oitenta e oito características e condições ambientais. Em cada célula é mostrada a relação entre uma ação e uma característica ou condição ambiental, qualificando-se a magnitude e significância dos impactos numa escala de "1" a "10", o que pode resultar em perda de informação quando são agregados efeitos combinados;

c) redes de interação (*networks*): construídas para identificar a totalidade das conexões entre vários efeitos ambientais, através de esquemas ou equações matemáticas, podendo ser mostrados efeitos diretos ou seqüenciais (em cadeia), das intervenções previstas. Tem-se como principal limitação à sua aplicação, a própria limitação do conhecimento científico, o que impossibilita identificar e analisar com precisão, todas as características naturais do meio e suas interrelações; e

d) superposição de dados gráficos (*overlay*): basicamente tem-se a sobreposição de cartas temáticas, permitindo a seleção de áreas mais favoráveis para implantação de determinada atividade.

Segundo BITAR et al. (1998), o instrumento de avaliação de impacto ambiental constitui-se de uma série de procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, através dos quais identifica-se os possíveis impactos decorrentes da futura instalação de um empreendimento, prevê-se a magnitude destes impactos e avalia-se sua importância. Consideram que é o instrumento de gestão ambiental mais conhecido e aplicado no mundo. Na FIGURA 05, os autores identificaram as principais atividades e metas de um

EIA, com destaque para os aspectos do meio físico.



FIGURA 05 - Principais atividades e metas de um estudo de impacto ambiental destacando aspectos do meio físico (BITAR et al., 1998)

Quanto ao EIA, FORNASARI FILHO e BITAR (1995) entendem que na forma como este documento encontra-se previsto na legislação brasileira, pode ser resumido nos seguintes aspectos:

- a) refere-se a um projeto específico, a ser implantado em determinado meio ou área;
- b) constitui-se em estudo prévio, anterior, portanto, a qualquer ação voltada para a implantação do empreendimento;
- c) é interdisciplinar;
- d) deve ser contemplado o meio ambiente em seus aspectos básicos: meios físico, biológico e socioeconômico;
- e) devem ser realizadas as seguintes etapas: diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, avaliação dos impactos ambientais, proposição de medidas mitigadoras aos impactos identificados e do programa de monitoramento; e
- f) deve ser elaborado o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, com linguagem objetiva e acessível ao público.

### 5.3 Meio Físico e Meio Ambiente

Segundo FORNASARI FILHO et al. (1992), no capítulo referente aos processos do meio físico e processos tecnológicos, o **meio físico** é definido como “...o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água, ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana.”

É ressaltado pelos autores que a abordagem do meio ambiente deve ter uma perspectiva integradora, mesmo quando for iniciada sob a ótica setorializada dos meios físico, biológico ou socioeconômico e cultural, sendo que a interação entre estes meios define o ambiente. Na FIGURA 06, é esquematizada as interações entre os meios que compõem o ambiente, com ênfase ao papel do meio físico.

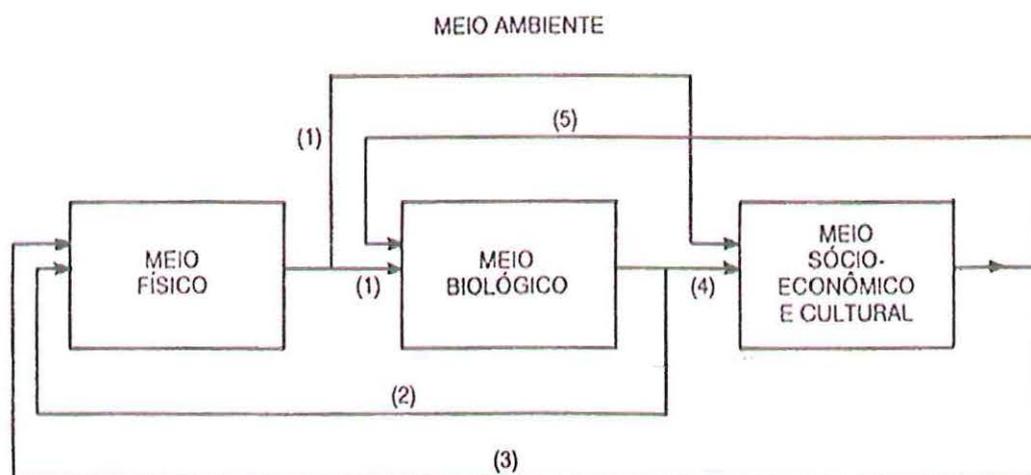


FIGURA 06 - Dinâmica do meio ambiente e o papel do meio físico. O meio físico condiciona, em um primeiro estágio, as características dos meios biológico, socioeconômico e cultural, através de fluxos de energia e matéria (1). Os meios biológico, socioeconômico e cultural, por realimentação (2) e (3), completam a interação com o meio físico, regulando os processos destes. Os demais fluxos, (4) e (5), decorrem da interação entre os meios biológico, socioeconômico e cultural (FORNASARI FILHO ET AL., 1992).

A abordagem integrada do meio físico em EIA, para BITAR et al. apud FORNASARI FILHO et al. (1992), se dá através da dinâmica de cada uma das formas de interação de seus elementos, onde estão envolvidos fluxos energéticos, componentes



materiais e agentes viabilizadores desta interação. Como exemplo é citada a erosão do solo pela água, sendo o fluxo energético representado basicamente pela energia gravitacional e o componente material pelo solo, com a interação sendo feita pelo componente água.

FORNASARI FILHO et al. (1992), consideram que na etapa de diagnóstico ambiental de um EIA a caracterização dos **processos do meio físico** tem como objetivo principal o auxílio no estabelecimento da relação entre o ambiente e a obra a ser implantada, sendo esta fase fundamental no desenvolvimento das fases posteriores. Esta caracterização dos processos é conduzida no sentido de buscar a obtenção de índices adequados que possam melhor auxiliar na tomada de decisão quanto a viabilidade ambiental de um determinado empreendimento a ser implantado, devendo, portanto, ser destacados os mais atuantes num determinado ambiente, uma vez que muitos processos podem ser reconhecidos em maior ou menor escala, porém, nem todos adquirem relevância na análise de um EIA.

Para a identificação dos principais processos do meio físico atuantes, o autor considera que é necessária a identificação dos principais elementos interativos, bem como os seus fatores condicionantes. São diferenciados, ainda, os elementos interativos essenciais e reguladores. Esses conceitos são apresentados através do exemplo do processo de erosão do solo pela água, onde os elementos interativos essenciais constituem-se no solo e na água, sendo os reguladores a chuva, os processos de escoamento das águas de superfície e movimentação das águas de subsuperfície. Esses elementos estão ilustrados na FIGURA 07. É ressaltado que como elementos interativos sempre devem ser consideradas as influências de outras atividades humanas que modificaram ou modificam o desenvolvimento local do processo.

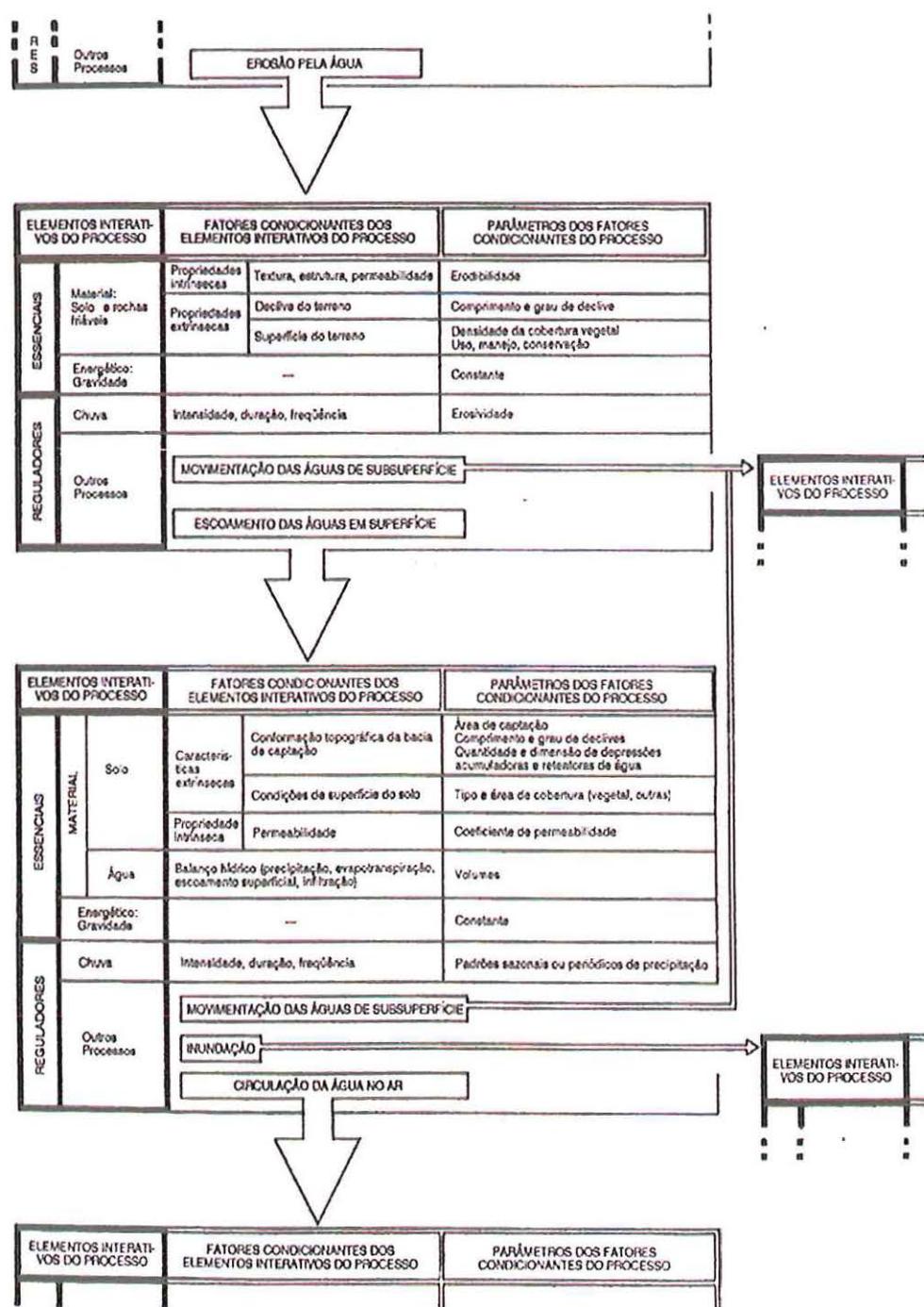


FIGURA 07 - Esquema de análise sequencial para caracterização de processos do meio físico. Exemplo hipotético: a erosão do solo pela água na superfície de um terreno com cobertura vegetal. (FORNASARI FILHO et al., 1992)

Quanto aos fatores condicionantes de um determinado processo do meio

físico, podem ser traduzidos por parâmetros representados por índices quantitativos ou qualitativos, que reflitam propriedades ou condições específicas de um determinado ambiente.

No contexto de um EIA, faz-se necessária a seleção de parâmetros que melhor contribuam para a caracterização de um processo, com prioridade para aqueles que melhor caracterizem este processo, ou seja aqueles mais suscetíveis a alterações, recomendando-se que também sejam de fácil obtenção.

Esta seleção deverá ser feita sobretudo na fase de Avaliação de Impacto Ambiental de um EIA, de forma que sejam adotados parâmetros como referência no estudo de alterações dos processos, quando se tem um projeto de intervenção no ambiente, ou seja, quando ocorre o cruzamento entre o processo do meio físico e o processo tecnológico.

A partir da seleção dos parâmetros, estes serão destacados, qualificados ou valorados, dependendo do método de avaliação de impactos adotado. Esta avaliação norteará a formulação de medidas mitigadoras e proposição de programas de monitoramento.

O autor ressalta que na elaboração de um EIA é necessária a conceituação de cada processo, inclusive com registros detalhados de seu mecanismo, em razão inclusive da peculiaridades do ambiente estudado, de forma a melhor orientar sua análise e avaliar suas alterações.

Na etapa de Avaliação de Impacto Ambiental de um EIA é necessário que sejam previstas as alterações que os processos do meio físico podem sofrer a partir da intervenção de um processo tecnológico de uma dada atividade, essas alterações conjuntamente com aquelas de ordem biológica e socioeconômica, correspondem às **alterações ambientais**, conforme ilustrado na FIGURA 08.

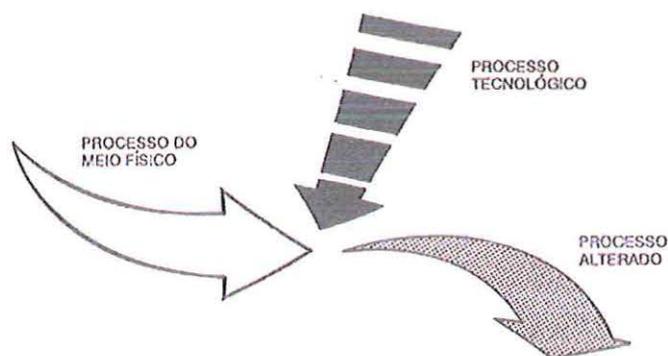


FIGURA 08 - Alteração a partir da intervenção de um processo tecnológico sobre um processo de meio físico (IPT, 1990b, modificado apud FORNASARI FILHO et al., 1992).

As alterações identificadas, suas repercussões e a definição do nível de significância ou importância relativa, conduzem à identificação dos impactos. É considerado que quando a alteração ambiental é julgada significativa, esta constitui-se num impacto.

A partir do desenvolvimento de uma determinada atividade, o que resulta, conforme já mencionado na intervenção de um processo tecnológico, pode ocorrer a aceleração, retardamento ou mesmo eliminação deste processo. Essas alterações introduzidas podem ser traduzidas pelas variações nos parâmetros dos fatores condicionantes do processo.

OLIVEIRA et al. (1995) consideram que o termo **processo do meio físico** pode ser entendido como uma “sucessão de fenômenos que ocorrem, num determinado tempo e espaço, no próprio meio físico e cujas alterações impostas pelo homem podem gerar impactos e afetar a qualidade ambiental”.

Os autores discutem a inserção dos aspectos referentes ao meio físico nos aspectos técnicos e científicos dos EIA, levando em conta os vários problemas verificados na sua elaboração como diagnósticos exaustivos, escassez de dados de campo, cartas básicas inúteis ao contexto de AIA, linguagem técnico científica de domínio restrito, etc.

Também é apresentado o conceito de **atividade modificadora do meio ambiente**, baseado na própria legislação que regulamenta o EIA, sendo definida como “...toda atividade humana (obra civil, atividade agrícola, ou de mineração e outras formas de uso e ocupação do solo) que altera processos, propriedades ou características físicas, químicas ou biológicas, ou interferem em usos preexistentes de um determinado ambiente.”

FORNASARI FILHO et al. (1995), consideram que em termos conceituais, nos estudos ambientais são considerados os componentes abióticos (rocha, ar e água) e bióticos (vegetal e animal), e de forma simplificada os componentes abióticos são referidos como sendo componentes do meio físico e os bióticos como componentes do meio biológico, sendo considerados também os componentes humanos, como os socioeconômicos, que são determinantes na questão ambiental e se referem ao meio socioeconômico ou antrópico. A interação entre os meios físico, biológico e socioeconômico define o ambiente.

O termo **processos do ambiente** é definido a partir do entendimento que a interação entre os meios e seus componentes é dinâmica e tende a modificar, ampliar ou controlar os fluxos ou desenvolver novas propriedades. Nesta dinâmica podem ser individualizadas linhas ou vias de fluxos associadas a determinados fenômenos que condicionam as feições e a evolução do meio, sendo caracterizado um processo. Os processos do ambiente que decorrem de interações com predominância dos componentes abióticos são considerados como processos do meio físico.

A partir desse conceito, **processo do meio físico** “refere-se ao

desenvolvimento e sucessão de fenômenos potencializados pela interação de componentes materiais e tipos de energia, podendo ser deflagrado, acelerado o retardado por agentes físicos, químicos, biológicos (fauna e flora) ou humanos, num determinado ambiente”. Para efeito de EIA, consideram-se os fenômenos tais como se desenvolvem no ambiente antes da implantação do projeto, sendo o conceito, portanto, voltado à aplicação objetiva em EIA.

A partir do levantamento e caracterização dos processos do meio físico e tecnológicos, essas informações são cruzadas com o objetivo de se prever as alterações que podem ocorrer no meio físico. Essa etapa no EIA corresponde à avaliação de impactos ambientais - AIA. Há necessidade de uma relativização e estabelecimento de um nível de significância das alterações identificadas, uma vez que uma alteração significativa corresponde a um impacto ambiental, conforme já mencionado.

Os autores apresentam uma listagem dos processos do meio físico que mais usualmente são afetados por atividades modificadoras do meio ambiente:

a) processos da atmosfera:

- circulação da água no ar
- circulação de partículas e gases na atmosfera

b) processos da hidrosfera:

- endógenos: propagações elásticas em maciços
- intempéricos: - carstificação
  - circulação de gases no solo e na rocha
  - expansão de solo ou rocha
  - interações físico-químicas na água, no solo e na rocha
  - processos pedogenéticos
- de movimentos de massa:
  - corrida de massa
  - deposição de sedimentos ou partículas
  - erosão eólica
  - erosão pela água
  - escorregamento
  - movimento de bloco
  - rastejo de solo
  - subsidência

É ressaltado que em EIA devem ser selecionados parâmetros ou indicadores passíveis de alterações por processos tecnológicos, estabelecidos os níveis de significância, propostas as medidas de recuperação dos indicadores alterados e seu monitoramento, sempre

considerando a interação entre os componentes do meio físico com aqueles dos meios biológico e socioeconômico.

Com relação às perspectivas de utilização de métodos e técnicas de abordagem integrada do meio físico, os autores entendem que no contexto de EIA, há uma série de perspectivas de desenvolvimento do aprofundamento desses Estudos para o atendimento das quatro etapas básicas do EIA:

- “desenvolvimento da abordagem do meio físico na perspectiva de interação com os outros meios (biológico e socioeconômico), de modo a permitir uma compreensão objetiva da situação ambiental de determinada área antes da implantação de uma atividade modificadora do meio ambiente;
- adequação ao EIA de métodos e técnicas para a identificação, previsão de magnitude e interpretação da importância/significância dos impactos no contexto da dinâmica do meio físico, com a priorização da escolha dos indicadores;
- desenvolvimento e aprimoramento de técnicas, equipamentos, normas e diretrizes para a mitigação dos impactos do meio físico; e
- desenvolvimento e aprimoramento de programas de acompanhamento, controle e monitoramento de impactos no meio físico.”

Quanto aos processos do meio físico, EMBLETON & THORNES apud INFANTI JR. et al. (1998), definiram em termos geomorfológicos, as ações dinâmicas ou eventos que envolvem a aplicação de forças, sob certos gradientes, provocados agentes como chuva, vento, rios, etc.

De acordo com INFANTI JR. et al. (1998), quando as forças excedem as resistências dos sistemas naturais, ocorrem modificações por deformações do terreno, mudança de posição ou mudanças na estrutura química. Dependendo da relação da velocidade do processo ou da relação de forças, essas modificações podem ou não ser perceptíveis à nossa capacidade de observação.

Entendem que os processos geomorfológicos são complexos, refletindo não somente a inter-relação entre as variáveis causais como clima, geologia, etc., mas também a sua evolução no tempo, sendo necessário que, no entendimento dos processos, leve-se em conta as noções de espaço e tempo.

Estas variáveis são assim definidas por MAYER apud INFANTI JR. et al. (1998):

- tempo: seqüência cumulativa de eventos, medida em incrementos iguais, por instrumentos ou manifestação de eventos naturais, movendo-se somente em uma direção, determinando a irreversibilidade dos eventos;

- taxas (velocidade): referem-se a mudanças de um parâmetro em certo período de tempo;
- espaço: seqüência de locações medida em incrementos iguais, de forma similar ao tempo;
- equilíbrio estático: pode significar que determinada variável não se altera ou que as modificações estão exatamente balanceadas (entradas - saídas = zero);
- equilíbrio dinâmico: mudança uniforme ao longo do tempo (entradas - saídas = constante);
- equilíbrio pontuado: o padrão pode sofrer mudanças de um modo para outro durante uma seqüência; e
- gradualismo: neste as mudanças seguem tendências.

Quanto às mudanças dos processos tem-se que, estas seguem taxas (velocidades) variáveis, uma vez que as forças podem ser aplicadas rapidamente ou muito devagar, sua magnitude pode ser grande ou muito pequena e as solicitações podem ser estáticas ou dinâmicas.

## 5.4 Resíduos Sólidos

Conforme a norma NBR 10.004/87 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT resíduos sólidos são definidos como “resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Os resíduos foram classificados da seguinte forma:

a) Classe I - perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, definida como a característica de um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:

- risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, aumento de mortalidade ou incidência de doenças;
- riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de

forma inadequada; e/ou

- uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) Classe II - não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I - perigosos ou Classe III - inertes, nos termos da norma NBR 10.004/87 da ABNT. Estes resíduos podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água; e

c) Classe III - inertes: quaisquer resíduos que quando amostrados de forma representativa, conforme estabelecido na norma NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos da ABNT, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização estabelecido na norma NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos da ABNT, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplos são citados os seguintes resíduos: rochas, tijolos e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

No “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares”, de 27.02.98 (Resolução SMA - 013/98), os resíduos foram definidos como “todo o material sólido proveniente das atividades diárias do homem em sociedade, que por ser considerado sem utilidade ou valor, é descartado”, e devido às suas características físicas, químicas e biológicas pode provocar a contaminação do solo e da água, gerar odores, ou ainda, atrair e propiciar a proliferação de patógenos e vetores caso não seja coletado, tratado e disposto de maneira adequada, tratando-se, portanto, de um problema que envolve aspectos sanitários, ambientais e de saúde pública. A necessidade de disposição adequada desses resíduos é cada vez maior, pois há uma evidente tendência de crescimento da geração de resíduos, seja em decorrência do crescimento da população, havendo um crescimento em termos absolutos (t/dia) e em termos relativos (Kg/hab/dia), em decorrência das modificações dos padrões de produção e consumo.

## **5.5 Unidades de Disposição de Resíduos Sólidos**

Foram estabelecidas através da norma NBR 8418/83 da ABNT, as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos. Segundo os critérios adotados, os aterros para a disposição de resíduos industriais perigosos constituem-se numa “Técnica de disposição de resíduos industriais perigosos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança minimizando os impactos

ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos industriais perigosos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.”.

Quanto às características dos resíduos são adotadas as seguintes definições:

- resíduos industriais comuns: “resíduos sólidos e semi-sólidos industriais que admitem destinação similar à dos resíduos sólidos urbanos”.
- resíduos industriais perigosos: “todos os resíduos sólidos, semi-sólidos e os líquidos não passíveis de tratamento convencional, resultantes da atividade industrial e do tratamento de seus efluentes (líquidos e gasosos) que, por suas características, apresentam periculosidade efetiva ou potencial à saúde humana ou ao meio ambiente, requerendo cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição”.

Segundo CETESB (1992), o aterro industrial “é uma forma de disposição de resíduos no solo que, fundamentada em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, garante um confinamento seguro em termos de poluição ambiental e proteção à saúde pública.”

Para mitigação dos potenciais impactos provenientes da implantação de um aterro, é proposta a adoção das seguintes medidas de proteção ambiental:

- localização adequada;
- elaboração de projeto criterioso;
- implantação de áreas de apoio;
- implantação de obras de controle da poluição; e
- adoção de regras operacionais específicas.

Segundo os critérios desse trabalho, os resíduos industriais passíveis de disposição em aterros são aqueles cujos líquidos percolados possam sofrer alguma forma de atenuação no solo, por processos de degradação ou de retenção (filtração, adsorção, troca iônica, etc.), sendo que os resíduos inflamáveis, reativos, oleosos, orgânico-persistentes ou que contenham líquidos livres não devem ser dispostos em aterros.

### **5.5.1 Projeto de Aterros Industriais**

Conforme critérios adotados pela CETESB (1992), na construção de aterros

industriais considera-se a adoção de múltiplas barreiras à liberação de poluentes ao meio ambiente, combinando as barreiras naturalmente presentes no solo com aquelas projetadas além dos sistemas de coleta e tratamento de líquidos percolados.

Outros elementos também devem ser considerados como:

- preparação dos resíduos para aterramento: através da utilização de processos de secagem, neutralização, solidificação, etc.;
- inspeção e monitoramento da integridade e do desempenho dos elementos constituintes do aterro; e
- monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas nos entornos

Como infra-estrutura básica dos aterros industriais, é proposta a adoção dos seguintes elementos:

- cerca para isolamento da área ao acesso de pessoas e animais
- faixa de proteção para o plantio paisagístico
- guarita para controle de acesso ao aterro
- balança para controle da quantidade de resíduos
- unidade de recebimento dos resíduos para controle do tipo de resíduo a ser disposto
- escritório: desenvolvimento de atividades administrativas
- laboratório: realização de análises expeditas
- pátio de estocagem de materiais
- pátio para estocagem de resíduos
- sistema de iluminação: operações noturnas e vigilância
- almoxarifado, instalações sanitárias e refeitórios
- sistema de comunicação interna e externa
- acessos às frentes de disposição

É recomendado ainda que a inclinação longitudinal dos acessos deve ser limitada a 15% e transversal a 2%.

### **5.5.1.1 Elementos de Proteção Ambiental**

São destacados pela CETESB (1992), os seguintes elementos de proteção ambiental (FIGURA 09):

- sistemas de drenagem de águas pluviais (provisórios e definitivos): os

provisórios se destinam a direcionar as águas pluviais durante a operação da célula, e os definitivos após o seu encerramento.

- sistemas de impermeabilização: a implantação do sistema superior, visa evitar a percolação da água de chuva através da massa de resíduos após o encerramento de cada célula, e do inferior conferir estanqueidade à base da célula de forma a impedir a percolação de poluentes no subsolo e aquíferos subjacentes. Estes sistemas devem apresentar as seguintes características: estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica e a intempéries e compatibilidade com os resíduos que serão aterrados, podendo ser construídos através da utilização de argilas compactadas ou membranas sintéticas.

- sistemas de detecção de vazamentos: devem ser constituídos por drenos - testemunho que, basicamente, são estruturas drenantes posicionadas sob as camadas de impermeabilização, com objetivo de detectar eventuais vazamentos que ocorram através dessas camadas. Prevê-se também a implantação de poços de inspeção. As estruturas drenantes mais utilizadas são os “colchões” de areia e drenos de brita com tubo guia que devem conduzir os líquidos percolados até os poços de inspeção.

- sistemas de coleta e tratamento de líquidos percolados: a coleta de líquidos percolados normalmente é realizada através de drenos de brita escavados no solo com tubo guia, com declividade mínima de 2%, sendo direcionados para caixas de acumulação, de onde deverão ser encaminhados para tratamento. Considera-se fundamental para o dimensionamento dessas estruturas, o conhecimento das condicionantes geométricas de todo o aterro e das vazões a serem drenadas.

- sistemas de drenagem de gases: normalmente no interior de aterros de resíduos ocorre a decomposição de matéria orgânica em meio anaeróbio com a produção de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), além de outros gases gerados pelas reações químicas decorrentes da interação dos resíduos dispostos. Esses gases podem migrar através dos poros existentes no solo e drenos de percolado, podendo atingir, muitas vezes, redes de esgoto, fossas sépticas, poços, etc., podendo causar problemas em razão de seu potencial explosivo. Para controle da migração desses gases, é proposta a implantação de uma rede de drenagem, constituída, normalmente, por drenos instalados verticalmente, em pontos determinados do aterro, constituídos por tubos perfurados envoltos por uma camisa de brita que atravessam todo o maciço de resíduos, ou seja, desde o solo até a camada superior.

- cobertura final: implantada com o objetivo de conferir estabilidade física à superfície da célula de resíduo.

- poços de monitoramento do aquífero: sua implantação tem a finalidade de controlar a qualidade do aquífero nos entornos do aterro, através da instalação de poços de

monitoramento que possibilitem a extração de amostras representativas. Conforme estabelecido através da norma da Cetesb “PN 1:63.06-003 - Construção de Poços de Monitorização e Amostragem de Aquífero Freático”, devem ser implantados pelo menos 4 poços, um a montante e 3 a jusante do aterro, com relação ao sentido de escoamento das águas subterrâneas.

- plano de encerramento e fechamento: com o objetivo principal de evitar a manutenção futura do aterro e evitar a liberação de poluentes (basicamente líquidos percolados e gases) ao meio ambiente. Devem ser contemplados o projeto e construção da cobertura final, cronograma para a desativação da área, proposição de usos futuros, previsão de manutenção após o fechamento, prosseguimento do monitoramento da água subterrânea e previsão de custos financeiros para as atividades de acompanhamento após o encerramento.

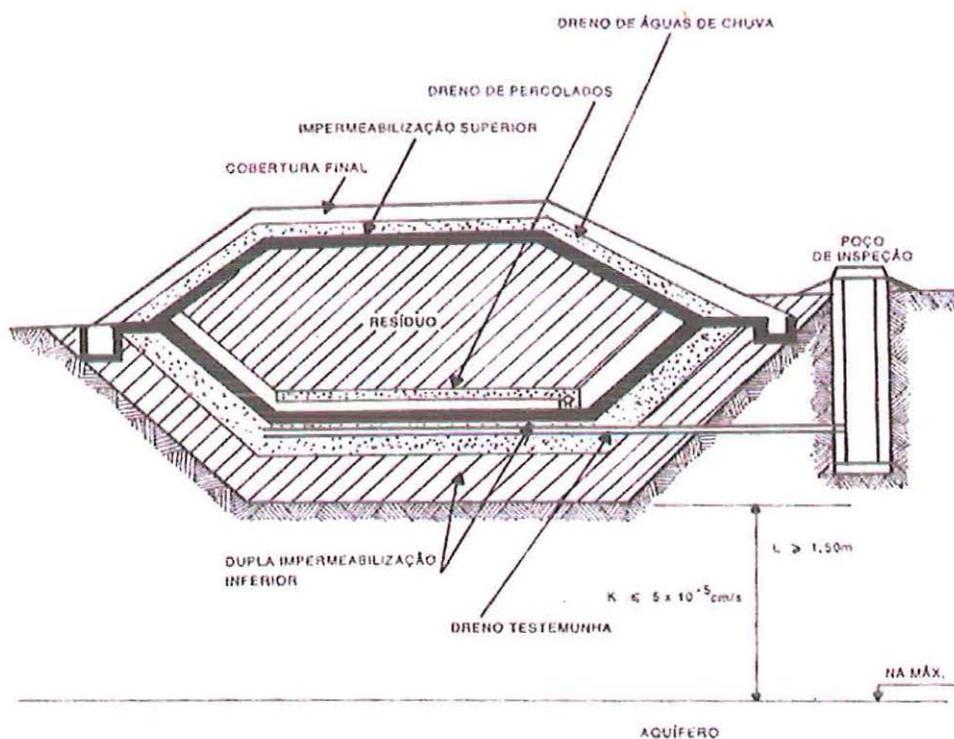


FIGURA 09- Esquema de célula de resíduo Classe I (CETESB, 1992)

FORNASARI FILHO et al. (1992), definem processo tecnológico como o “...conjunto de técnicas aplicadas em operações que caracterizam a implantação, o funcionamento ou a desativação de uma atividade modificadora do meio ambiente. São técnicas voltadas à ocupação do meio, à extração, ao cultivo, à manufatura, à produção industrial ou à construção civil...envolvem uma série de ações humanas orientadas, segundo técnicas específicas que introduzem e condicionam fluxos energéticos...”.

São identificados os seguintes processos tecnológicos principais relacionados à implantação e operação de uma unidade de destinação de resíduos sólidos:

a) fase de construção (implantação):

- movimentação de solo e rocha: este processo decorre da adequação do terreno onde deverá ser implantada a unidade, da exploração de uma área para obtenção de material de empréstimo, da implantação dos sistemas de drenagem e da abertura de vias de acesso.

- construção de equipamentos de infra-estrutura: compreende a implantação de guarita, pátio de armazenamento temporário, prédio da administração, garagens e galpão de manutenção, almoxarifado, balança, cercas, sanitários, refeitório, etc. Pode-se considerar, também, a necessidade de implantação de cinturão verde para melhor isolamento da área.

- implantação de obras de drenagem: compreende os sistemas provisório e definitivo de drenagem de águas pluviais, de líquidos percolados, de gases e, no caso da necessidade de rebaixamento do lençol freático, de drenagem da água subterrânea.

- implantação do sistema de coleta de líquidos percolados.

- implantação do sistema de armazenamento e tratamento de líquidos percolados.

- implantação de vias de acesso.

b) fase de funcionamento (operação): esta fase consiste basicamente no lançamento e compactação dos resíduos com a formação de “células”, na seqüência tem-se a cobertura e confinamento dos resíduos e captação e tratamento dos efluentes gerados. Foram definidos os seguintes processos:

- recepção dos resíduos e seu armazenamento temporário.

- construção das células de lixo, compreendendo a compactação e cobertura dos resíduos.

- extração e transporte de material de empréstimo.

- complementação dos sistemas de drenagem (águas, gases e líquidos percolados).

- captação e tratamento dos líquidos percolados e gases.

c) fase de desativação (encerramento): os objetivos básicos relacionados à fase de encerramento de um Aterro Sanitário podem ser resumidos na busca da estabilização da área no que se refere aos aspectos da emissão de efluentes e gases, de sua estabilidade geotécnica, além de sua reintegração à paisagem local e destinação para um uso futuro compatível com os usos dos entornos, sendo os usos mais comuns propostos os de parque, área de lazer, etc. Foram identificados as seguintes etapas:

- elaboração do projeto executivo do encerramento do aterro sanitário: neste projeto, além do objetivo de estabilização do conjunto do aterro, deverá ser prevista sua reintegração à paisagem local, bem como possibilitar seu uso futuro.

- serviços de terraplanagem: visa conferir à área a conformação topográfica final, sendo que especial atenção deverá ser atribuída à estabilização geotécnica do conjunto.

- execução da camada final de cobertura: essa camada de cobertura deverá ser bastante resistente à ação de processos erosivos. Pode-se incluir nesse item a colocação de uma camada de solo que permita a revegetação da área.

- implantação do sistema definitivo de drenagem de águas pluviais.

Segundo a publicação da “*United States Environmental Protection Agency*” - EPA (1994) - “*Design, Operation and Closure of Municipal Waste Landfill*”, até o ano 2.000 é estimado que a geração de resíduos sólidos nos EUA será maior que 222 milhões de t/ano (EPA apud EPA, 1994). Desta geração, prevê-se que pelo menos 150 milhões de toneladas deverão continuar a ser destinadas a aterros sanitários, devendo o restante sofrer outros tipos de tratamento como reciclagem, compostagem, incineração, etc.

Para a definição dos critérios de projeto, construção, operação e encerramento de aterros sanitários, a EPA publicou os regulamentos para o desenvolvimento de aterros sanitários em 1991, com a denominação de “*Subtitle D of the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) and Section 405 of the Clean Water Act*” (EPA, 1994).

Para a assistência a empreendedores, gerenciadores e operadores de aterros sanitários em função dos novos critérios estabelecidos a “*EPA’s Office of Research and Development*”, desenvolveu alguns seminários com o objetivo de apresentar o “*estado da arte*” para o desenvolvimento de aterros sanitários.

A seguir serão apresentados os critérios utilizados pela EPA para os projetos de aterros sanitários com ênfase aos sistemas de proteção ambiental adotados, incluindo

seleção de locais, projetos, operação, desativação, cuidados pós-desativação e monitorização da água subterrânea, tendo sido ressaltado que os critérios estabelecidos também se aplicam para a expansão de aterros.

Foram estabelecidas as seguintes restrições para a localização de aterros:

a) proximidade de aeroportos: esta restrição é estabelecida, fundamentalmente, para evitar que ocorram colisões entre aeronaves e os pássaros que comumente concentram-se nas áreas de aterros de resíduos domésticos, principalmente quando a operação da unidade não é bem realizada, em razão de deficiências no processo de cobertura diária. Foi estabelecida uma distância mínima de cerca de 3 km, em relação ao final da pista, para aeroportos onde operam jatos e cerca de 1,5 km para aeroportos onde operam as demais aeronaves;

b) planícies de inundação: estas áreas são definidas como aquelas que são inundáveis num período de recorrência de 100 anos ou menos, havendo portanto uma restrição para a implantação dos aterros, de forma a não restringir o fluxo de água nessas áreas, a capacidade de armazenamento dessas planícies, evitar-se que os resíduos sejam lixiviados quando ocorrer as inundações, e não permitir que haja a instabilização geotécnica do maciço de resíduos;

c) áreas úmidas (mangues, várzeas, etc.): essas áreas foram definidas como aquelas que apresentam vegetação característica e permanecem inundadas um certo número de dias todos os anos;

d) áreas situadas em zonas de falhamentos geológicos;

e) áreas situadas em zonas sujeitas à ocorrência de sismos; e

f) áreas instáveis geotecnicamente.

Também foram estabelecidos os seguintes critérios principais para a operação dos aterros:

- procedimentos para a exclusão de resíduos perigosos;
- recobrimento diário dos resíduos;
- controle do desenvolvimento de vetores como ratos, moscas, etc.;
- controle da possibilidade da explosão de gases;
- restrição para queima a céu aberto;
- controle de acesso ao aterro de pessoas não autorizadas;
- proteção das águas superficiais;
- restrição da penetração de água no maciço de resíduos; e
- manutenção das metas de operação.

### 5.5.1.2 Critérios Gerais de Projeto

Os critérios gerais estabelecidos para a implantação ou expansão de aterros foram os seguintes:

a) um projeto padrão deverá ser usado, devendo ser prevista a implantação de “*liner*” composto, ou seja, com solo compactado com permeabilidade não inferior a  $1 \times 10^{-7}$  cm/s e membrana sintética; e

b) o gerenciador do projeto poderá requerer à EPA a implantação de um projeto alternativo, somente se previamente discutido com o órgão de controle ambiental.

### 5.5.1.3 Cuidados no Encerramento e Pós-Encerramento

Os objetivos principais dos cuidados com o encerramento e mesmo posteriormente a este, consistem na manutenção da cobertura adequada da unidade para que seja evitada a infiltração de água no aterro, bem como a manutenção da integridade da cobertura de forma a evitar o desenvolvimento de processos erosivos, para tanto a EPA solicita a apresentação de um plano de encerramento da unidade anteriormente à sua desativação. Neste plano deverá ser descrito o monitoramento e as atividades de manutenção a serem implementadas após a desativação, além da descrição de seu uso futuro.

Para o sistema de cobertura também foram estabelecidos critérios mínimos, descritos a seguir:

- implantação de uma camada de cobertura com espessura mínima de 45 cm de material terroso natural com permeabilidade igual ou menor à aquela da camada de impermeabilização de base, ou ainda, com permeabilidade não superior a  $1 \times 10^{-5}$  cm/s; e
- sobre a camada anterior colocação de uma camada com espessura não inferior a 15 cm de solo natural que possibilite o desenvolvimento de vegetação de cobertura.

É salientado que esses programas de encerramento de aterros podem ser desenvolvidos, muitas vezes, por períodos de até 30 anos.

### 5.5.1.4 Critérios Específicos de Projeto

A seguir serão apresentados critérios mais específicos adotados pela EPA, para a construção dos sistemas de proteção ambiental em aterros sanitários. Foi ressaltado

que para aterros destinados a dispor quantidades menores que 20 t/dia, os critérios descritos a seguir, podem ser menos rigorosos, a depender de análises caso a caso.

#### 5.5.1.5 Critérios de Projeto para o *Liner*

Para o dimensionamento do *liner*, o gerenciador da unidade de disposição deverá considerar as características específicas do sítio selecionado. Estes fatores incluem:

- as características hidrogeológicas da área do aterro e de sua área de influência.
- o volume gerado e as características físicas e químicas do líquido percolado.
- o volume e direção de fluxo da água subterrânea.
- o uso da água subterrânea nos entornos do aterro, considerando os volumes explorados.
- a avaliação da possibilidade de implementação de outras opções de suprimento de água potável.
- a qualidade prévia da água subterrânea.

Solicita-se, também, a elaboração de estudos detalhados do transporte de contaminantes a partir da área do aterro, devendo ser considerados, para tanto, os processos de advecção, difusão, adsorção e absorção do solo, etc., além da determinação da direção e velocidade de fluxo e concentração do contaminante. É ressaltado que em razão de serem os processos de transporte de contaminantes pela água subterrânea, bastante complexos, esses estudos resultarão em incremento significativo nos custos do projeto e na caracterização do sítio selecionado.

Para os casos em que não é comprovada a possibilidade de manutenção da qualidade da água na área de influência do empreendimento nos limites estabelecidos pelas normas vigentes, deverá ser previsto pelo projeto um *liner* composto, que consiste na combinação de uma geomembrana sobre uma camada de solo compactado. Essa geomembrana deverá ter, no mínimo, 30 mm de espessura. A camada de solo compactado deverá possuir espessura mínima de aproximadamente 60 cm e condutividade hidráulica abaixo de  $1 \times 10^{-7}$  cm/s.

Basicamente, a geomembrana tem a função de minimizar a exposição da camada de solo compactada ao líquido percolado. A redução da penetração do líquido percolado através da geomembrana é de fundamental importância para o controle do escape

de líquidos percolados para a água subterrânea. Para que haja uma redução efetiva na penetração de líquidos percolados através da geomembrana é necessária a adoção de um amplo programa para a sua correta implantação, que envolve, dentre outros aspectos, a análise das propriedades dos materiais a serem empregados, a preparação da superfície do solo onde a membrana irá ser implantada, o seu transporte, armazenamento e instalação, cuidados com as emendas, realização de testes e adoção de um programa de qualidade para sua construção.

A construção da camada de solo compactado constitui-se num complexo problema de engenharia uma vez que a qualidade do solo de impermeabilização está diretamente ligada às propriedades dos materiais constituintes deste solo, propriedades estas que são bastante variáveis. Um *liner* argiloso, no entanto, deve possuir certas características para proteger a água subterrânea da contaminação por líquidos percolados gerados em aterros sanitários. Para atender as normas estabelecidas pela EPA (espessura mínima de aproximadamente 60 cm e condutividade hidráulica inferior a  $1 \times 10^{-7}$  cm/s), determinados procedimentos devem ser adotados como:

- destruição dos torrões do solo;
- eliminação de descontinuidades do solo;
- adoção de procedimentos corretos para a compactação do solo;
- fazer a mistura correta do solo (frações areia, silte e argila); e
- evitar a dissecação do solo.

#### 5.5.1.6 Sistema de Coleta de Líquidos Percolados

A implantação do sistema de coleta de líquidos percolados tem como objetivo a coleta de todo o líquido gerado pelo aterro e o seu transporte para armazenamento fora da área de disposição de resíduos ou para o sistema de tratamento. O sistema deverá assegurar que haja uma acumulação sobre o *liner* de menos de 30 cm de líquidos, conforme estabelecido no referido “*Subtitle D*”. O projeto desse sistema deverá considerar:

- área de coleta: deve ser considerada a distribuição dos drenos de coleta de líquidos, a serem instalados sobre o sistema de impermeabilização de base;
- sistema de coleta das laterais das células: a implantação de coleta lateral é necessária para a manutenção de no máximo 30 cm de líquidos sobre o sistema de impermeabilização;
- poço de coleta: deverá ser projetado no ponto de menor cota do aterro

sanitário; e

- sistema de separação entre as águas pluviais e de captação de percolados: tem o objetivo de reduzir a geração dos líquidos percolados.

É ressaltado que todo o sistema deve funcionar de forma eficiente durante toda vida útil do aterro e mesmo após sua desativação, devendo resistir inclusive a processos de colmatção, muitas vezes gerados por agentes biológicos, além de resistir a todo esforço mecânico a que é submetido todo o maciço de resíduos, resultando muitas vezes em recalques diferenciais que podem gerar até o rompimento dos drenos.

Conforme a publicação da EPA “*Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure*” (1989), nos projetos de aterros de resíduos perigosos deve ser prevista a colocação de *liners* e sistemas de coleta e remoção de chorume compostos. O primeiro sistema de coleta deverá ser colocado acima do *liner* superior, e o segundo entre o superior e o inferior. É ressaltado que normalmente o *liner* inferior é constituído por uma combinação entre uma geomembrana flexível disposta sobre uma camada de solo compactada de baixa permeabilidade (espessura em torno de 90 cm e condutividade hidráulica não superior a  $10^{-7}$  cm/s).

Quanto ao sistema de cobertura a EPA (op. cit.), recomenda que sejam implantadas três camadas de cobertura com diferentes funções:

- superior: camada de solo que permita a implantação de cobertura vegetal (espessura em torno de 60 cm e declividade entre 3 e 5%);
- intermediária: camada com alta permeabilidade para drenagem da água precipitada sobre a célula do aterro (espessura em torno de 30 cm e condutividade hidráulica mínima de  $10^{-3}$  cm/s); e
- inferior: um *liner* composto por uma combinação de uma geomembrana e solo compactado de baixa permeabilidade (espessura em torno de 60 cm e condutividade hidráulica máxima de  $10^{-7}$  cm/s).

Foi ressaltado que todo esse dimensionamento deve levar em conta a ocorrência de recalques e subsidências, e que este procedimento de encerramento do aterro deve ser adotado sobre cada célula de resíduos assim que estas estejam encerradas.

Na Norma NBR 13896/97 da ABNT (Impermeabilização do aterro, drenagem e tratamento do líquido percolado), foi estabelecido que sempre que as condições hidrogeológicas da área de implantação do aterro não forem satisfatórias, deverá ser implantada uma camada impermeabilizante na base do aterro, que deverá seguir os seguintes critérios:

- a) ser construída com material de propriedades físicas compatíveis com o

resíduo, com suficiente espessura e resistência de modo a evitar rupturas devido a pressões diversas;

b) o assentamento deverá se dar sobre superfície com adequada capacidade de suporte; e

c) ser instalada de forma a cobrir toda a área, evitando que o resíduo ou o líquido percolado entrem em contato com o solo natural.

O sistema de drenagem para a coleta e remoção do líquido percolado deverá seguir os seguintes critérios:

a) ser instalado imediatamente acima do sistema de impermeabilização;

b) ser dimensionado de forma a evitar a formação de uma lâmina de líquido percolado superior a 30 cm sobre a impermeabilização;

c) os materiais constituintes desse sistema deverão ser quimicamente resistentes aos resíduos e aos líquidos percolados, bem como resistentes a pressões de origens diversas; e

d) ser projetado e operado de forma a não sofrer obstrução durante o período de vida útil e após o encerramento do aterro.

O sistema de tratamento do líquido percolado deverá seguir os seguintes critérios:

a) ser projetado, construído e operado de forma que seus efluentes atendam aos padrões de emissão e garantam a qualidade do corpo receptor; e

b) ter seus efluentes monitorados pelo menos quatro vezes ao ano.

Deverá também ser projetado, operado e mantido um sistema de drenagem de águas superficiais de forma que as águas provenientes de montante sejam desviadas da área do aterro. Deve ser adotado como critério de projeto, período de recorrência de, no mínimo, cinco anos.

É prevista, ainda, a implantação de um sistema de detecção de vazamentos de líquido percolado, a ser implantado sob o sistema de impermeabilização inferior, e um sistema para captação e tratamento das emissões gasosas.

## **5.6 Seleção de Áreas**

Uma das etapas mais importantes no processo de AIA, desenvolvido para implantação de unidades de disposição de resíduos sólidos, consiste na seleção de áreas adequadas. Naturalmente, devem ser considerados diversos fatores de ordem geral afeitos aos meios biótico e socioeconômico, como ocorrência de unidades de conservação, proximidade

do centro gerador de resíduos, existência de acessos, proximidade com núcleos populacionais, etc., porém, o meio físico constitui-se em elemento de análise fundamental quando da escolha de uma área, principalmente para que haja uma maior segurança quanto a não contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além da possibilidade de solução de outros problemas intrínsecos à implantação deste tipo de empreendimento, como recalques, material de empréstimo, estabilidade de taludes, etc. A seguir serão apresentados os critérios mais usuais para a seleção de áreas para implantação de unidades de disposição de resíduos sólidos, com ênfase às questões afeitas ao meio físico.

Conforme a norma NBR 13896/97 da ABNT, "Aterros de resíduos perigosos - critérios para projeto, implantação e operação", como critérios gerais para a localização do aterro foi estabelecido:

a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro deverá ser minimizado;

b) a aceitação da instalação pela população deverá ser maximizada;

c) esteja de acordo com o zoneamento da região; e

d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

São considerados, ainda, diversos critérios técnicos mais específicos:

a) topografia: fator determinante na escolha do método construtivo e no desenvolvimento das obras de terraplanagem, são recomendados locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;

b) geologia e tipos de solos existentes: fatores importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e velocidade de infiltração. É considerado desejável a existência de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s e zona não saturada com espessura superior a 3,00 m;

c) recursos hídricos: o aterro deverá se localizar à distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água. Deverão ser avaliados também os riscos de sua implantação na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas localizadas em sua área de influência;

d) vegetação: aspecto que deve ser estudado em razão da possibilidade de redução do fenômeno da erosão, da formação de poeira e transporte de odores;

e) acessos: ressaltado que deverão ser utilizados durante toda vida útil do aterro;

f) vida útil: recomendada vida útil de no mínimo 10 anos;

g) custos: fator determinante para a implantação e operação do aterro; e

h) distância mínima a núcleos populacionais: recomendada distância mínima de 500 m.

Os seguintes critérios devem ser observados obrigatoriamente:

a) o aterro não deve ser implantado em áreas sujeitas a inundações, para um período de recorrência de 100 anos;

b) entre a base do aterro e o nível mais alto do lençol freático deverá haver uma camada de solo insaturado de, no mínimo, 1,50 m;

c) o aterro deve ser implantado em áreas onde haja uma predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a  $5 \times 10^{-5}$  cm/s, podendo ser utilizados coeficientes superiores dependendo de análise específica do órgão ambiental, porém nunca acima de  $10^{-4}$  cm/s; e

d) os aterros devem ser implantados em áreas de uso compatíveis com a legislação municipal de uso do solo.

ZUQUETTE (1987) apresentou uma proposta metodológica para elaboração de cartas geotécnicas como subsídio à implantação de unidades de disposição de rejeitos sépticos. Ressalta que a carta resultante é limitada para o caso da disposição de rejeitos perigosos e radioativos. As unidades analisadas consistem em aterros sanitários, lagoas, tanques sépticos e fossas.

Os seguintes fatores foram analisados:

### **Declividade**

Aponta como os terrenos mais indicados para implantação de aterros, aqueles com declividades situadas entre 2% e 5%, admitindo a utilização daqueles que possuam declividade de até 10%. As restrições dos terrenos que apresentam declividade menor que 2% referem-se à possibilidade de acúmulo de água e a dificuldade de percolação dos líquidos poluentes. Quanto aos terrenos com declividade superior a 10%, estes não são recomendados em razão da maior suscetibilidade a processos erosivos, movimentação de massas, aumento da dificuldade para a execução de obras e à possibilidade da ocorrência de vazamentos de águas contaminadas nas encostas do ponto de deposição de rejeitos.

### **Material Inconsolidado**

As características consideradas como ideais pelo autor consistem num perfil homogêneo e que apresente porcentagem de finos (siltes e argilas) em torno de 25%, classificando o material como areias siltosas ou argilosas.

Esses materiais devem apresentar as seguintes características físico-químicas principais:

- capacidade de troca catiônica (CTC): é considerado como fator primordial na retenção dos poluentes orgânicos, íons menos móveis, além de bactérias, vírus e microorganismos, refletindo as características da parte fina e da matéria orgânica que compõem o material. São apresentados os seguintes limites para um material considerado adequado:

- . baixo  $< 5 \text{ meq}/100\text{g}$

- . alto  $> 15 \text{ meq}/100\text{g}$

Para BERG et al. apud ZUQUETTE (1987), uma camada com mais de 4 m de espessura e com C.T.C. de 10 meq/100g de solo, pode atenuar quase a totalidade dos poluentes oriundos das formas de poluição mais comuns geradas por essas unidades de disposição de resíduos.

- pH: é considerado como responsável pela precipitação dos componentes insolúveis, bem como por muitas das reações que resultam na retenção e deposição de diversos poluentes.

- permeabilidade: refere-se à velocidade que os líquidos fluem através dos terrenos, condicionada pela granulometria, mineralogia e história da formação dos materiais inconsolidados. É recomendado que os materiais com coeficiente de permeabilidade considerados altos, ou seja, acima de  $10^{-2} \text{ cm/s}$ , devem ser evitados por permitir que os líquidos percolados atinjam o lençol freático em curto prazo de tempo. Estes valores de permeabilidade são característicos de materiais grosseiros puros, que também possuem baixo valor de C.T.C. Para KEIFER apud ZUQUETTE (1987), os materiais mais adequados para a implantação dessas unidades constituem-se naqueles que possuem coeficientes de permeabilidade situados entre  $4 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$  e  $7 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ . As areias argilosas normalmente apresentam esses coeficientes, além de apresentarem C.T.C. também nos limites recomendados. CARTWRIGHT apud ZUQUETTE (1987) considera que os materiais que possuem coeficientes de permeabilidade entre  $10^{-2}$  e  $10^{-6} \text{ cm/s}$ , e particularmente aqueles de valores entre  $10^{-4}$  e  $10^{-5} \text{ cm/s}$ , reúnem além de boas condições de permeabilidade, valores ideais de C.T.C., para a disposição de rejeitos.

- profundidade do nível d'água: o autor recomenda que a profundidade do nível d'água deverá ser aquela relativa ao período de maior intensidade pluviométrica durante o ano. Além da profundidade, devem ser considerados o gradiente hidráulico, a velocidade e direção de fluxo da água subterrânea. É recomendado um distanciamento de 300 m de pontos de captação de água como poços, cisternas e nascentes.

- profundidade e características do substrato rochoso: segundo o autor o conhecimento da profundidade e características das rochas componentes do substrato, bem como do contato entre o material inconsolidado e o substrato e as descontinuidades do maciço rochoso, é importante para a determinação das direções preferenciais de fluxo. Além desses dados é recomendado o conhecimento de características estruturais como acamamento, xistosidade, e outras descontinuidades que podem se constituir em caminhos preferenciais para a percolação dos contaminantes. É ressaltado que em áreas de ocorrência de rochas calcáreas ou com alta permeabilidade em razão da ocorrência de descontinuidades bastante pronunciadas, não é recomendada a implantação dos aterros, uma vez que a contaminação de aquíferos em meio rochoso torna praticamente irreversível sua recuperação.

- evaporação, escoamento superficial e pluviosidade: a quantidade de água precipitada sobre um aterro constitui-se em fator determinante para a quantidade de líquido percolado a ser gerado. O fator evapotranspiração é determinante para a concentração dos poluentes na faixa aeróbia do aterro, evitando, dessa forma, que a contaminação atinja o nível aquoso.

- camadas compressivas: basicamente refere-se à possibilidade de rompimento do conjunto formado por aterro e terreno, resultando numa situação de alta percolação dos poluentes. Neste caso deve-se considerar que as camadas compressivas também podem trazer o desenvolvimento de recalques diferenciais o que poderá comprometer sobremaneira os sistemas de drenagem interna do aterro, ou seja, de líquidos percolados e de gases.

Na sua proposta metodológica, o autor analisa os locais mais adequados para a implantação das unidades de disposição de aterros, com base nos atributos e limites mencionados anteriormente, tendo sido as unidades definidas em função de sua potencialidade de uso.

### **Unidades adequadas**

Segundo o autor, este termo refere-se à constatação que as condições gerais do meio físico são favoráveis para a instalação dos sistemas de disposição dos resíduos, devendo ser realizados estudos mais detalhados para determinações específicas.

### **Unidades razoáveis**

Termo utilizado para áreas que apresentam qualidades mínimas para que

sejam instaladas fossas e tanques sépticos, não sendo porém aconselhável a instalação de aterros sanitários.

### **Unidades inadequadas**

Termo utilizado para áreas consideradas como totalmente inadequadas à instalação de qualquer forma de disposição de rejeitos, principalmente devido aos seguintes fatores:

- espessura muito pequena do material inconsolidado
- nível d'água próximo à superfície
- áreas de vales situados a montante de núcleos urbanos
- declividades altas
- áreas com considerável ocupação urbana.
- proximidade de cursos d'água que apresentem condições de qualidade

razoáveis; etc.

Como observações gerais são apresentadas as seguintes recomendações:

- é importante a preparação da base do equipamento sanitário com materiais adequados, ou seja, com permeabilidade razoável e C.T.C. alto e que haja o recobrimento diário das células utilizadas.

- em áreas de ocorrência de materiais arenosos, cisternas ou fonte de águas potáveis devem estar a distâncias superiores a 30 e 60 m, desde que se situem a montante ou jusante da fonte poluidora, respectivamente.

Segundo critérios adotados pela Cetesb (Resíduos Sólidos Industriais – 1992), a escolha de um local para implantação de um aterro deve atender os seguintes quesitos básicos:

- planejamento do desenvolvimento econômico, social e urbano da região considerada
- diretrizes de uso e ocupação do solo (Plano Diretor Municipal)
- proteção à saúde pública
- defesa ao meio ambiente

Para o atendimento a esses quesitos básicos, são enumerados os seguintes aspectos que devem ser considerados:

- grau de urbanização da região e compatibilidade com a vizinhança
- valor comercial do terreno
- distância dos pontos geradores de resíduos

- condições de acesso
- caracterização hidrogeológica
- potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas
- localização em relação aos mananciais de abastecimento d'água

São consideradas as favoráveis áreas com as seguintes características:

- baixa densidade populacional na vizinhança
- baixo potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas
- baixo índice de precipitação pluviométrica
- alto índice de evapotranspiração
- subsolo constituído por depósito extenso e homogêneo de material

argiloso insaturado

Devem ser observadas as seguintes condições:

- distância mínima de residências de 500 m
- distância mínima de corpos d'água superficiais de 200 m
- subsolo constituído de material granular fino com coeficiente de

permeabilidade inferior a  $10^{-5}$  cm/s

- declividade máxima do terreno de 20%, para implantação de aterros de resíduos sólidos industriais perigosos

Como condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros, foram definidas as seguintes:

**TABELA 04 - Condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros (CETESB, 1992)**

Características	Condição Hidrogeológica Desejável		Condição Hidrogeológica Mínima	
	espessura mínima da camada insaturada L (m)	coeficiente de permeabilidade máximo K (cm/s)	espessura mínima da camada insaturada L (m)	coeficiente de permeabilidade máximo K (cm/s)
<b>Aterros</b>				
<b>Resíduos Classe I</b>	3	$10^{-7}$	1,5	$5 \times 10^{-5}$
<b>Resíduos Classe II</b>	3	$10^{-6}$	1,5	$5 \times 10^{-5}$

É considerado também, que a condição climática desejável de um local para a implantação de um aterro consiste naquela em que a evaporação potencial média anual exceda a precipitação média anual em 500 mm.

CUNHA et al. (1994), consideram que o processo de seleção de locais para a implantação de unidades de disposição de resíduos sólidos, compreendem três fases distintas, a saber:

- primeira fase: compilação de dados bibliográficos, sendo selecionados dados qualitativos e quantitativos sobre os resíduos, mapas temáticos (geológico, uso e ocupação do solo, unidades de conservação, etc.). A escala de trabalho sugerida é 1:50.000 ou menor. São considerados, ainda, outros critérios como distância máxima das fontes geradoras de resíduos, restrições legais, características regionais (geologia, hidrogeologia, geomorfologia, etc.). A partir da aplicação destes critérios são identificadas e priorizadas sub-áreas potenciais para a implantação da unidade, sendo outras rejeitadas.

- segunda fase: a continuidade da avaliação se dará nas áreas previamente selecionadas, resultando na descrição das características de cada área potencial, através da aplicação de critérios mais específicos. A escala sugerida é de 1:10.000.

- terceira fase: aplicação de critérios como minimização dos potenciais impactos ambientais, vida útil da unidade, redução dos custos de implantação e operação, recuperação de áreas degradadas, etc.

A avaliação é centrada na caracterização do meio físico, principalmente nos aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos; a influência destes aspectos no projeto e na redução dos impactos ambientais.

CUNHA et al. (1995), consideram que como critérios gerais para a seleção de locais em estudos regionais do meio físico, são buscadas áreas mais favoráveis que apresentem relevos suavizados, rochas que originem solos espessos e pouco permeáveis, e pequeno ou nenhum risco de contaminação dos aquíferos regionais, devendo sempre ser levada em conta a periculosidade dos resíduos a serem dispostos. Também é recomendado que sejam desconsiderados os locais situados em áreas de proteção ambiental, de mananciais, etc.

Os estudos centrados no terreno natural onde será disposto o resíduo, devem analisar as condições de fundação do aterro, sendo determinantes para a definição de um projeto geotécnico a compressibilidade, permeabilidade e resistência do solo. Devem ser realizados também, estudos dos impactos decorrentes da disposição sobre áreas adjacentes e de empréstimo, com a prospecção e caracterização dos materiais para cobertura, revestimento e impermeabilização.

Por outro lado entende-se que devam ser desenvolvidos os estudos referentes ao resíduo propriamente dito, sendo determinantes para o desenvolvimento do projeto, sua estabilidade mecânica, compressibilidade e permeabilidade.

Segundo IPT (1995), para a escolha de uma área adequada para implantação de um aterro sanitário, deve-se ter inicialmente uma pré-seleção de áreas, na qual um conjunto de dados do meio físico e socioeconômico deve ser analisado, sendo tratados, praticamente, apenas os dados preexistentes. Estes dados, basicamente, devem ser os seguintes:

a) dados geológico-geotécnicos:

- distribuição e características das unidades geológico-geotécnicas que ocorrem na região; e

- principais feições estruturais.

b) dados pedológicos:

- tipos de solo que ocorrem na região;
- identificação dos tipos de solo mais apropriados como material de empréstimo; e

- identificação dos processos do meio físico mais atuantes na região e tipos de solo.

c) dados sobre o relevo:

- compartimentação geomorfológica e características das unidades que compõem o relevo (áreas de morros, planícies, encostas, etc.); e

- declividade dos terrenos.

d) dados sobre as águas subterrâneas e superficiais:

- profundidade do lençol freático;
- localização das zonas de recarga das águas subterrâneas;
- principais mananciais, bacias e corpos d'água de interesse ao abastecimento público (âmbitos local e regional) e áreas de proteção ambiental.

e) dados sobre o clima:

- regimes de chuva e precipitação pluviométrica (série histórica); e
- direção e intensidade dos ventos.

f) dados sobre legislação:

- localização das áreas de proteção ambiental, áreas de proteção de mananciais, parques, reservas, áreas tombadas, etc.; e zoneamento urbano da cidade.

g) dados socioeconômicos:

- valor da terra;
- uso e ocupação dos terrenos;
- distância da área em relação aos centros atendidos;
- integração à malha viária; e
- aceitabilidade da população e de suas entidades organizadas.

Segundo esta metodologia, a seguir deve ser feita a ponderação dos diversos dados considerados e sua análise integrada, o que permitirá a identificação das zonas mais favoráveis. Estas informações devem ser comparadas com os critérios mostrados na TABELA 04, que resultará na classificação das áreas em uma das seguintes categorias:

a) recomendada: pode ser utilizada nas condições atuais, atendendo as normas vigentes com baixo investimento;

b) recomendada com restrições: pode ser utilizada, porém, necessita de medidas complementares de médio investimento; e

c) não recomendada: necessita de medidas complementares de alto investimento.

**TABELA 05 - Critérios para avaliação das áreas para instalação de aterro sanitário(modificado de IPT, 1995)**

Dados necessários	Classificação das áreas		
	Recomendada	recomendada com restrições	não recomendada
vida útil	maior que 10 anos	10 anos, a critério do órgão ambiental	10 anos, a critério do órgão ambiental
Distância do centro atendido	menor que 10 km	10 - 20 km	maior que 20 km
zonamento ambiental	área sem restrições	áreas sem restrições	Unidades de conservação ambiental e correlatas
zoneamento urbano	vetor de crescimento mínimo	vetor de crescimento intermediário	vetor de crescimento máximo
densidade populacional	Baixa	Média	Alta
uso e ocupação das terras	áreas devolutas ou pouco utilizadas	áreas devolutas ou pouco utilizadas	ocupação intensa
valorização da terra	Baixa	Média	Alta
aceitação da população e de ONG's	Boa	Razoável	Inaceitável
distância aos cursos d'água	Maior que 200 m	menor que 200 m	menor que 200
declividade	1 - 20%	menor que 1% ou maior que 20%	menor que 1% ou maior que 20%
Profundidade do nível d'água	3 m	1,5 m	menor que 1,5 m
Condutividade hidráulica do subsolo	$10^{-7}$ cm/s** $10^{-6}$ cm/s*	$5 \times 10^{-5}$ cm/s** $5 \times 10^{-5}$ cm/s*	maior que $5 \times 10^{-5}$ cm/s* - medidas de contenção

(\*) : critérios aplicáveis a aterros de resíduos Classe II

(\*\*) : critérios aplicáveis a aterros Classe I

## 5.7 Impactos Ambientais e Riscos Envolvidos

Segundo GUEDES (1991), os impactos decorrentes da disposição de rejeitos perigosos em aterros podem ser, dentre outros, dos seguintes tipos:

a) impacto visual: normalmente em sua fase de operação o aterro industrial modifica a estética da paisagem, sendo recomendada a adoção de medidas paliativas como a plantação de árvores em seus entornos que devem ser mantidas até a recuperação final da área;

b) impacto atmosférico: os aterros em geral podem emitir poeira pela ação dos ventos em sua superfície, sendo recomendada, que esta seja mantida úmida, através da aspersão freqüente de água;

c) impactos sobre a água subterrânea: em geral nos aterros há a infiltração da água da chuva nas células de resíduos, além da percolação da água integrante dos próprios resíduos. Caso haja a transposição dessas águas que carregam contaminantes através da massa de resíduos, poderá ocorrer a contaminação das águas subterrâneas situadas sob a base do aterro e a jusante, seguindo o sentido de seu fluxo. É ressaltado que embora possa ocorrer a diluição e reações químicas favoráveis, a concentração dos poluentes num determinado ponto pode ser inaceitável para o uso da água;

d) impactos sobre a água superficial: o lançamento da água precipitada sobre o aterro através de vertedouros, ou a percolação de água subterrânea contaminada que alimentam cursos d'água podem resultar na contaminação das águas superficiais. Recomenda-se que os aterros devem ser confinados por diques ou elevações naturais de forma que as águas de chuva ou de processo, permaneçam contidas para evaporação, ou sejam bombeadas de volta ao processo e/ou para estação de tratamento;

e) impactos sobre os seres vivos: o autor avalia que todas as formas de impacto descritas no item anterior podem trazer danos à saúde e à vida animal, dependendo da dose e tempo de exposição. É recomendado que determinados rejeitos não devem ser lançados em aterros industriais sem tratamento especial como os radioativos, inflamáveis, explosivos ou aqueles passíveis de emitirem gases perigosos.

Como conclusão, o autor entende que os aterros industriais não são repositórios seguros uma vez que não há segurança que não ocorrerão danos ao meio ambiente, pelo menos a médio e longo prazos, sendo provável que em todos os aterros haverá infiltrações no solo, devendo-se conhecer a extensão e volume infiltrado, para que as medidas necessárias seja adotadas.

CUNHA et al. (1995), entendem que, os problemas ou impactos mais freqüentes relacionados com a disposição de resíduos estão ligados aos seguintes fatores:

a) "imperfeito conhecimento das características do meio físico (rocha, solo, água, etc.) e dos resíduos ali dispostos, resultando em projeto inadequado;

b) negligência no monitoramento das condições ambientais e operacionais do

aterro (como toda obra de engenharia, o aterro também deve sofrer manutenção); e

c) sobrecarga da capacidade inicial do projeto, no intento de prolongar sua utilização.”

São os seguintes os problemas induzidos pela instalação não criteriosa de aterros:

a) contaminação das águas subterrâneas:

<b>Origem</b>	<b>Causas</b>
Falha na impermeabilização de base	-impermeabilização (solo/manta) incompatível com os percolados -má compactação
Recalques	-solo natural com propriedades inadequadas -resultantes de alterações de carga
Elevação do nível d'água acima da base do aterro	-dados insuficientes (n. a., pluviometria, vazões, etc.) -sistema de drenagem mal dimensionado

b) potencialização de processos do meio físico:

<b>Origem</b>	<b>Causas</b>
Escorregamentos/erosão	-cortes em altos ângulos nas encostas -cortes contra a foliação ou fraturamentos -alterações na vegetação marginal -deficiências de compactação (aterros e resíduos dispostos)
Assoreamentos	-erosão dos cortes (solos de fácil instabilização) -carreamentos (deficiências no sistema de drenagem superficial) -supressão de vegetação

## c) conflitos de uso e ocupação:

<b>Origem</b>	<b>Causas</b>
Restrições ambientais	-utilização de áreas com restrições ambientais diversas (APA's, áreas de mananciais, etc.)
Desconforto à população	-proximidade de núcleos populacionais -problemas decorrentes de má operação (odores, vetores, etc.) -sobrecarga da infra-estrutura local -crescimento urbano subestimado

## d) elevação de custos:

<b>Origem</b>	<b>Causas</b>
desapropriações	-áreas de terceiros -remoção de população
implantação	-implementação de medidas de engenharia para corrigir deficiências naturais do local -problemas com material de empréstimo e de construção -necessidade de implantação de infra-estrutura (estradas, energia elétrica, etc.) -necessidade de detalhamentos de estudos mal realizados
operação e encerramento	-ausência de solo adequado para cobertura -elevadas distâncias de transporte -baixa vida útil -necessidade de implementação de ações corretivas -sistemas de monitoramento necessários, conforme o local escolhido

Segundo TRESSOLDI et al. (1998), devido às potenciais conseqüências adversas da disposição de resíduos, duas questões são de fundamental importância: garantia de estabilidade dos locais usados para disposição de resíduos e análise da migração de contaminantes.

Os principais contaminantes ou poluentes decorrentes de emissões não controladas constituem-se em cloretos, nitratos e metais pesados. Na TABELA 06, são mostrados estes contaminantes e seus indicadores.

**TABELA 06 - Principais contaminantes provenientes de unidades de disposição de resíduos sólidos (modificado de TRESSOLDI, 1998)**

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>PRINCIPAIS INDICADORES</b>
Partículas sólidas	sólidos em suspensão (SS), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais (ST), turbidez e cor
Orgânicos	oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ), demanda química de oxigênio (DQO), SS,, STD, ST, cor, turbidez e pH
Orgânicos sintéticos	carbono orgânico total (TOC), halogenados orgânicos totais (TOX), benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno (TCE), tetracloroetileno (TECE), tricloroetano (TCA), tetracloroetano, percloroetileno (PCE), bifenila policlorada (PCB), trihalometanos, aldrin, DDT e fenóis
Inorgânicos	dureza (CaCO <sub>3</sub> ), pH, SS, STD, ST, condutividade elétrica, turbidez, cor, cloretos, sulfatos, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio, fosfato, fluoreto e cianeto
Metais	Hg, Cd, Cr, Ni, Zn, Pb, Cu, Fe, Mn, etc.
Biológicos	coliformes totais e fecais, contagem de bactérias e de vírus

Segundo os autores, nos resíduos domiciliares e urbanos, os principais contaminantes provêm da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, estimada em 60% em peso, o que gera o chorume, que consiste num líquido escuro, ácido e de alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que pode atingir mais de 60.000 mg/l, sendo que a título de comparação é apresentada a DBO do esgoto doméstico, da ordem de 200 mg/l. Devido a estas características, o chorume é altamente causador de impacto ao meio ambiente, além de sua acidez, o que resulta no carreamento dos metais presentes na massa de lixo.

Quanto aos resíduos industriais, é entendido que apesar destes, em sua maioria, possuírem baixo teor de matéria orgânica, normalmente o percolado gerado em aterros deste tipo de resíduos, apresentam potencial poluidor maior que os resíduos domésticos, uma vez que nestes encontram-se substâncias extremamente tóxicas mesmo em concentrações muito baixas (ppm/ppb), tais como componentes orgânicos e metais pesados diversos.

Quanto à migração destes poluentes a partir de um aterro, entendem que na zona não saturada, onde os poros são preenchidos por ar e água, o fluxo é dependente, basicamente, da força gravitacional e da forma dos poros. Na zona saturada, onde os poros são preenchidos por água, o fluxo é dependente, basicamente, do gradiente hidráulico, sendo

que os contaminantes podem se espalhar por grandes áreas, cobrindo longas distâncias. Estas migrações ocorrem também em períodos de tempo variáveis. São caracterizadas assim, as plumas de contaminação em concentrações variáveis, no espaço e no tempo, dependendo das condições hidrogeológicas locais.

O transporte dos contaminantes pode se dar através dos seguintes processos:

a) contaminantes não-reativos em meios homogêneos: em meios porosos saturados o transporte dos contaminantes é dependente dos processos físicos denominados advecção e dispersão hidrodinâmica. A advecção deve-se ao fluxo da água subterrânea e considerando-se somente sua ação, a velocidade e direção do transporte de contaminantes são iguais à velocidade e direção de fluxo médias da água subterrânea. A dispersão hidrodinâmica é a tendência de espalhamento do contaminante em relação ao caminhamento esperado quando analisada somente a advecção, dá-se devido a porções de maior ou menor condutividade hidráulica do meio poroso;

b) contaminantes não reativos em meios heterogêneos: no caso da ocorrência de uma camada geológica de maior condutividade hidráulica relativa, praticamente toda a migração do contaminante se dará por esta camada. Caso ocorram heterogeneidades descontínuas, o padrão de migração será complexo e de difícil monitoramento, sendo de fundamental importância a identificação e caracterização hidrogeológica das diferentes unidades que compõem as heterogeneidades do meio, para melhor previsão do comportamento do fluxo dos contaminantes;

c) contaminantes em meios fraturados: apesar dos processos controladores serem os mesmos para aqueles em meios porosos, o transporte em meio fraturado dá-se de forma bastante distinta. Sugere-se que o maciço rochoso fraturado seja tratado como um meio poroso, contínuo e anisotrópico. Quando o transporte ocorre em uma fratura de rocha não porosa, este fica restrito aos seus limites, porém, caso a matriz rochosa for porosa e existirem fraturas de maior condutividade hidráulica, parte do contaminante migrará da fratura para a matriz rochosa, devido à difusão molecular (diferenças no gradiente de concentração entre os dois locais), implicando redução da concentração do contaminante que se desloca ao longo da fratura;

d) contaminantes reativos: constituem-se naqueles que além dos processos físicos de advecção e dispersão, sofrem reações químicas e bioquímicas, o que resulta em alterações em suas concentrações. São citadas as seguintes reações: sorção, ácido-base, solução-precipitação, oxidação-redução, complexação e processos microbiológicos.

Os seguintes condicionantes geológicos são considerados pelos autores para a compreensão dos riscos envolvidos na disposição de resíduos no solo:

- zonas de alto risco sísmico;
- zonas de falhamentos regionais;
- zonas cársticas e de subsidência;
- estratigrafia, tipos litológicos, heterogeneidades e anisotropias do maciço rochoso;
- estruturas geológicas como planos de acamamento, fraturas, falhas e dobras; e
- características do manto de alteração e dos solos superficiais, como capacidade de troca de cátions, conteúdo de matéria orgânica, composição geoquímica, espessura, granulometria e estruturas.

Os condicionantes hidrogeológicos são os seguintes:

- presença de aquíferos regionais;
- zonas de recarga de aquíferos regionais;
- cargas e gradientes hidráulicos, condutividades hidráulicas e transmissividade, porosidades totais e efetivas, armazenamentos específicos e coeficientes de armazenamento, velocidades e direções de fluxo regional e local das águas subterrâneas, coeficientes de dispersão e retardamento;
- características da zona não saturada, como as propriedades hidráulicas e geoquímicas;
- posição do nível d'água e suas variações em relação à base da disposição;
- qualidade e utilização das águas subterrâneas; e
- proximidade, qualidade e utilização das águas superficiais.

Os condicionantes geotécnicos são os seguintes:

- características granulométricas, porosidade, densidade e umidade;
- características de resistência, colapsividade e deformabilidade; e
- localização e características de áreas de empréstimo.

Condicionantes geomorfológicos:

- áreas sujeitas a inundação;
- áreas com declividades elevadas; e
- áreas suscetíveis a escorregamentos, erosões e subsidências.

ZUQUETTE (1987) entende que devem ser considerados os seguintes fatores no controle da percolação do chorume:

- a) “a possibilidade de contaminação decresce com a distância entre a fonte poluidora e o ponto em que a água será analisada, devido aos seguintes aspectos:

- a diluição tende a crescer com a distância;
- a absorção tende a ser mais efetiva com o aumento da distância;
- o tempo de percolação tende a crescer com a distância, consequentemente os processos de purificação e de degradação tornam-se mais completos;
- o gradiente do n.a. e a velocidade do fluxo decrescem com o aumento da distância entre o ponto em questão e a fonte poluidora.”

b) “quanto maior o gradiente do n.a. mais estreita e longa será a frente poluidora (leque) proveniente da fonte de poluição, principalmente dos aterros sanitários”

c) “as áreas de baixa declividade e de baixo gradiente do n.a., provocam um alargamento da frente poluidora, de maneira que podem surgir várias frentes, em diversos sentidos”

## 5.8 Monitoramento

Conforme consta da Resolução Conama - 001/86 (artigo 9º), o acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais devem ser contemplados nos estudos exigidos para subsidiar o licenciamento ambiental.

Segundo o IBAMA (1995), estas ações têm por objetivo planejar o controle permanente da qualidade ambiental, a partir do início da implantação de um empreendimento, devendo ser realizadas independentemente das atividades normais de controle e fiscalização do poder público e sociedade em geral. Este acompanhamento permitirá verificar se as previsões de impactos e medidas mitigadoras adotadas mostraram-se adequadas durante a implantação e operacionalização do empreendimento. A ferramenta mais utilizada atualmente, consiste nos Programas de Acompanhamento e Monitoramento dos Impactos Ambientais, que constam dos EIA, ou outros estudos ambientais como Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Prad, Relatório de Controle Ambiental - RCA, etc. Para estas ações são reconhecidos dois níveis distintos:

a) do empreendedor: responsável pela proposição e execução do Programa de Acompanhamento e Monitoramento dos impactos decorrentes da implantação do empreendimento, definidos quando da apresentação dos estudos para obtenção das licenças ambientais; e

b) do órgão licenciador: com a função de acompanhar e monitorar o Programa proposto pelo empreendedor, avaliando e fiscalizando seu cumprimento.

Para o cumprimento do acompanhamento e monitoramento por parte dos órgãos ambientais, o Ibama identifica os seguintes procedimentos:

a) recebimento dos Relatórios de Monitoramento Ambiental elaborados pelo empreendedor, que deverão estar de acordo com as condicionantes estabelecidas no licenciamento já efetuado;

b) análise dos Relatórios e checagem de campo, para verificação da veracidade das informações prestadas;

c) emissão de Parecer Técnico no qual deve ser abordada a necessidade de aumento da eficiência das técnicas de controle ambiental adotadas, de aperfeiçoamento dos métodos de coleta e análise e de relocação dos pontos de amostragem e de alterações no conjunto dos indicadores monitorados; e

d) comunicação formal ao empreendedor das conclusões constantes do Parecer Técnico, aplicando-se as penalidades previstas em lei, caso verificadas irregularidades.

São sugeridas as seguintes ações para aumento da efetividade do acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais pelo órgão ambiental:

a) formulação de Programas Estaduais de Controle da Qualidade Ambiental;

b) permanente interação com o empreendedor, com o objetivo principal de prevenir e corrigir danos causados por falhas nos programas estabelecidos;

c) permanente revisão dos procedimentos e técnicas de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais;

d) comunicação regular ao público dos resultados das ações de acompanhamento e monitoramento; e

e) maior disponibilidade e flexibilidade por parte do empreendedor para o atendimento às demandas advindas de grupos sociais afetados por sua atividade, incorporando estas demandas ao acompanhamento e monitoramento dos impactos.

Quanto aos planos de monitoramento do aquífero, para a CETESB (1992) a qualidade a ser mantida para a água subterrânea situada na área de influência de aterros é a de potabilidade, em razão da previsão de seu uso ser destinado ao abastecimento público. Nos casos em que o aquífero local apresente parâmetros em concentrações superiores às determinadas pela legislação, os padrões a serem mantidos deverão ser estabelecidos por esse órgão. É recomendado que nesse plano de monitoramento seja contemplado o número de poços, sua localização, os parâmetros a serem monitorados, os procedimentos para coleta e preservação das amostras e os valores naturais para os parâmetros, devendo ser adotada uma periodicidade mínima trimestral.

Quanto ao monitoramento da poluição, GUEDES (1991) entende que este deve ser composto dos seguintes itens:

a) ar: quanto ao material particulado, pode ser feito através de estações dotadas de instrumentos coletores (filtros, precipitadores térmicos, câmaras de sedimentação, etc.) dispostas na direção e sentido dos ventos predominantes. Ressalta que os dados obtidos devem ser comparados com aqueles obtidos anteriormente ao início da operação do aterro;

b) águas superficiais: nos cursos d'água situados na área de influência do aterro devem ser implantadas estações de coletas de água, a montante e jusante da área do aterro. Também neste caso os resultados obtidos devem ser comparados com aqueles anteriores à operação do aterro (*background*); e

c) águas subterrâneas: o aterro deve ser dotado de uma série de poços de observação e/ou piezômetros para coleta e análise da água subterrânea. É recomendada a implantação de um ponto de coleta a montante e três a jusante da área do aterro. Foi ressaltado que os piezômetros também podem servir para medição do nível d'água e pressão neutra no interior da massa de resíduos, possibilitando, assim, o monitoramento dos taludes existentes. Podem ser utilizados outros métodos para monitoramento da água subterrânea como: condutividade eletromagnética, eletrorresistividade, estações de sensoriamento de condutividade e lisímetros.

Na norma NBR 13896/97 da ABNT (item 5.1 - Proteção da águas subterrâneas e superficiais), são relacionados os critérios para monitoramento das águas, podendo-se destacar:

a) padrões de proteção das águas subterrâneas: é estabelecido que o aterro deve ser construído e operado de forma a manter a qualidade da águas subterrâneas, tendo em vista o seu uso para abastecimento público. Basicamente, na área de instalação do aterro a sua qualidade deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação vigente;

b) poços de monitoramento: estes poços devem ser em número suficiente, e instalados de forma que as amostras retiradas representem a qualidade da água retirada do aquífero mais superficial. Foi estabelecida a implantação de, no mínimo, 04 poços, sendo um a montante e três a jusante no sentido do fluxo do escoamento superficial do lençol freático;

c) período de monitoramento: este período deve compreender toda a vida útil do empreendimento, incluindo um tempo não estabelecido pós o fechamento do aterro; e

d) programa de monitoramento: deve compreender os parâmetros selecionados, procedimentos para coleta, preservação e análise das amostras, análises de todos os parâmetros pelo menos quatro vezes ao ano, verificação do nível do lençol freático a cada coleta, bem como, determinação da velocidade e direção de seu escoamento.

Conforme critérios adotados pela EPA (1994), o monitoramento dos Aterros compreende um número mínimo de parâmetros que devem ser verificados ao menos

anualmente. Caso haja um incremento significativo nas concentrações de algum desses parâmetros, este monitoramento deverá ser revisto com objetivo de uma avaliação mais ampla de toda a situação. Caso os parâmetros de poluentes encontrados sofram contínuo incremento, o operador do aterro deverá desenvolver um programa de implementação de ações corretivas.

CUNHA et al. (1995), consideram que o planejamento do monitoramento ambiental para o futuro projeto, deve ser orientado pelas características do meio físico (aptidão da área) e do resíduo (potencial de causar impacto). O objetivo do monitoramento deve ser de registrar as condições prévias, contemporâneas e posteriores à instalação, podendo-se, desta forma, obter um controle das alterações manifestadas no meio ambiente e na própria obra.

Os autores consideram que apesar de no monitoramento ambiental dever ser considerados os impactos incidentes sobre o solo, o ar e a biota, é a água subterrânea que deve merecer especial atenção, sendo a instalação de piezômetros, a jusante e a montante da unidade, em relação ao sentido preferencial de fluxo da água subterrânea, medida essencial a ser adotada para todos os tipos de aterro, com o objetivo principal de coleta e análise de amostras da água subterrânea.

Conforme norma NBR 1997 da ABNT, a rede de monitoramento a ser implantada para o acompanhamento da qualidade da água subterrânea nos entornos de uma unidade de disposição de resíduos sólidos, deve compreender um ou mais poços localizados a montante, com o objetivo de se avaliar a qualidade original da água subterrânea, devendo estes poços ser distanciados de tal forma que seja evitada sua contaminação por eventual difusão remontante.

A jusante, devem ser instalados pelo menos três poços, posicionados transversalmente ao fluxo da água subterrânea, para avaliar possível interferência da unidade na qualidade original da água subterrânea

BITAR et al. (1998), consideram que o instrumento de monitoramento ambiental consiste, essencialmente, na realização de medições e observações específicas dirigidas, em geral, a alguns poucos indicadores e parâmetros, com o objetivo da verificação se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, em que intensidade, e, ainda verificar a eficiência das medidas mitigadoras adotadas.

Como exemplo os autores citam o monitoramento das águas na área de influência de um aterro sanitário, realizado através de coletas periódicas de amostras e posterior análise de diversos parâmetros físico-químicos, objetivando determinar a ocorrência de contaminação e avaliar a eficiência dos sistemas de drenagem de segurança do aterro.

## 5.9 Recuperação de Áreas

BITAR et al. (1998), entendem que no que se refere ao meio físico, o conceito de recuperação tem sua utilização associada à intenção de se obter a estabilidade dos processos ambientais atuantes na área. Além deste conceito tem-se o termo reabilitação em geral associado ao objetivo de atribuir ao local alterado um uso do solo, muitas vezes previamente definido, e em condições compatíveis com a ocupação dos entornos.

Os autores entendem que na prática o conceito de recuperação incorpora o de reabilitação, com as perspectivas básicas da execução articulada de medidas que assegurem a estabilidade do ambiente a curto prazo e outras que viabilizem o uso futuro da área, estas de médio a longo prazo, agregando-se o conceito de sustentabilidade ambiental.

Reconhecem que as principais atividades que compõem um programa de recuperação ambiental, são as seguintes:

- caracterização e avaliação da degradação ambiental
- definição dos objetivos e análise das alternativas tecnológicas de recuperação
- definição e implementação das medidas de recuperação
- proposições para monitoramento e manutenção das medidas corretivas implementadas

Na TABELA 07, são destacadas as principais medidas técnicas aplicadas na recuperação de uma área com o objetivo de assegurar a estabilidade do ambiente.

**TABELA 07 - Principais tipos de medidas técnicas de recuperação de áreas degradadas (BITAR & BRAGA apud BITAR et al., 1998)**

<b>Tipo de medida técnica</b>	<b>Objetivo principal</b>	<b>Características da implementação</b>
Revegetação	estabilização biológica	compreende desde a fixação localizada de espécies vegetais até a implantação de extensivos reflorestamentos
Geotécnica	Estabilização física	compreende a execução de variado elenco de medidas ou obras , com ou sem estruturas físicas de contenção e/ou retenção, aplicadas no controle de processos do meio físico
Remediação ou Tratamento	estabilização química	compreende o uso de métodos e técnicas de tratamento destinados a eliminar, neutralizar, imobilizar, confinar ou transformar substâncias contaminantes presentes em solos e/ou nas águas superficiais ou subterrâneas

Conforme a norma NBR 13896/97 da ABNT, como objetivos gerais para o plano de encerramento tem-se a minimização de manutenções futuras, além de evitar a liberação de líquidos percolados e/ou gases para o lençol de água subterrânea, para os corpos d'água superficiais e para a atmosfera. Para que esses objetivos sejam atingidos é previsto, dentre outros aspectos, o projeto e implantação de um sistema de cobertura final de forma a minimizar a infiltração de água nas células de resíduos já encerradas, devendo esse sistema exigir pouca manutenção, ser resistente a processos erosivos, acomodar assentamentos sem fraturas e possuir um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área do aterro.

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, deverá ter continuidade por um período mínimo de 2 anos após o encerramento do aterro, período este que poderá ser reduzido uma vez constatado o término da geração do líquido percolado.

FORNASARI FILHO et al. (1992), consideram que a adoção de determinadas medidas para total desativação das operações de disposição de resíduos, visa garantir a estabilização dos processos do meio físico ao longo do tempo, possibilitando estabelecer-se um patamar de equilíbrio para a área do aterro sanitário e seus entornos. As principais medidas para permitir uma correta desativação são as seguintes:

- a) execução de camada final de cobertura;
- b) verificação e manutenção dos sistemas de drenagens de águas pluviais;
- c) verificação e complementação dos sistemas de drenagens dos líquidos

percolados;

d) verificação e manutenção do sistema de tratamento de líquidos percolados; e

e) verificação e manutenção do sistema de drenagem (escape de gases).

## 6 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Neste item serão tratadas, basicamente, questões referentes aos resíduos a serem encaminhados ao aterro industrial e à concepção geral do projeto, incluindo questões relacionadas como transporte dos resíduos, infra-estrutura, etc.

### 6.1 Caracterização dos Resíduos

Em razão do empreendimento ser um aterro industrial privado, a caracterização dos resíduos tem caráter diferenciado, em comparação àquele normalmente atribuído aos resíduos de uma indústria específica, pois neste caso haveria apenas a necessidade de se relacionar os resíduos gerados, caracterizá-los, verificar aqueles passíveis de disposição e definir os tratamentos possíveis.

Para determinar que resíduos poderiam ser dispostos no aterro, foi realizado o Diagnóstico dos Resíduos Industriais, com os dados qualitativos e quantitativos dos resíduos gerados na região. Para isto, foram visitadas 30 indústrias, identificadas como aquelas que geravam a maior parte dos resíduos, as quais se concentravam nos municípios de Rio Claro, Limeira, Americana e Piracicaba. Foram encontrados os seguintes quantitativos aproximados:

- 2.800 t/ano de resíduos Classe I; e
- 125.000t/ano de resíduos Classe II.

(obs.: classificação da norma NBR 10.004/87 da ABNT).

Observou-se no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que não havia como garantir que todas as indústrias utilizassem o aterro, mas que, na vida útil considerada (15 anos), o perfil de geração dos resíduos não deveria ser alterado de forma significativa.

Quanto ao fato do perfil dos resíduos não ser alterado, não foi considerado no EIA que ações de minimização da geração de resíduos, através de mudanças tecnológicas e troca de matérias primas, estão sempre em desenvolvimento.

Os principais resíduos previstos para serem encaminhados para o aterro são os

apresentados na TABELA 08.

Partiu-se de algumas premissas para se estabelecer os critérios para recebimento dos resíduos, a saber:

- o aterro só poderia receber resíduos passíveis de disposição;
- para o encaminhamento de um determinado resíduo ao aterro, o gerador teria que obter autorização específica da Cetesb;
- os resíduos a serem dispostos não poderiam conter umidade e/ou serem passíveis de biodegradação, evitando-se dessa forma a geração de gás e odor e diminuindo-se a geração de percolato; e
- os lodos da ETE deveriam ter tratamento prévio antes da disposição no aterro.

**TABELA 08: Principais tipos de resíduos identificados na região (JAAKKO PÖYRY, 1992).**

Tipo de resíduo	Componentes principais
Classe I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lodos de ETE industriais (48,2% do total), contendo metais pesados e compostos químicos</li> <li>• borras de pintura</li> <li>• filtros de recuperação de óleos lubrificantes</li> <li>• lama de retífica de peças (metais e óleo)</li> <li>• material de varrição de indústrias</li> </ul>
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• areia de fundição, contendo ferro e compostos químicos como fenóis, e escórias de insumos, não metálicos e não contendo metais pesados (55% do total)</li> <li>• lodos de ETE industriais (29,7%)</li> <li>• sucatas de metais ferrosos (5,8%)</li> </ul>

## 6.2 Vida Útil

A vida útil do empreendimento foi calculada na forma de uma expectativa preliminar, em razão da existência de muitos fatores intervenientes.

Para a efetivação deste cálculo, foi adotada a premissa de que o volume de resíduos a ser disposto no aterro anualmente seria correspondente ao volume diagnosticado para a região considerada. Foram desconsiderados os resíduos não passíveis de aterramento e aqueles

que operacionalmente poderiam gerar complicações na disposição, tais como óleos e solventes, devido à alta concentração de líquidos livres.

A partir do cálculo do volume de resíduos a ser disposto e, considerando-se o peso específico de cada resíduo analisado, estabeleceu-se que cada vala teria capacidade de armazenamento correspondente a um ano, tendo sido projetadas 15 valas para resíduos Classe I e 11 valas para resíduos Classe II. Em razão da previsão de que o aterro deveria receber menor quantidade de resíduos que a esperada, sua vida útil foi estimada em 15 anos.

### **6.3 Transporte e Recepção dos Resíduos**

O transporte dos resíduos, inicialmente, seria feito pelo responsável pela operação do aterro. Para os resíduos perigosos, seriam deixadas caçambas nas unidades geradoras. Previu-se que, numa segunda fase, poderiam ser credenciadas empresas especializadas neste tipo de transporte.

Sempre que os resíduos chegassem ao aterro, seriam submetidos a testes de laboratório para verificar se eram compatíveis com as especificações previamente estabelecidas, principalmente quanto à umidade. Quando da chegada do veículo transportador, previu-se a retirada de amostra significativa, sendo que após os testes e verificação de sua compatibilidade para disposição, os resíduos seriam encaminhados para uma vala pré-determinada ou para a área de estocagem. Previu-se, ainda, a devolução, à unidade geradora, dos resíduos não aprovados.

Após a liberação, seria efetuado o registro de carga e o encaminhamento dos resíduos para a vala selecionada, sendo realizado neste estágio um registro da localização dos resíduos, após sua disposição.

### **6.4 Infra-Estrutura Básica**

Previu-se, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), obras de adequação da área e implantação de instalações, quais sejam:

- obras de drenagem e cascalhamento dos acessos locais;
- construção de malha de acesso interno;
- escritório de alvenaria, o qual contaria com laboratório de análises físico-químicas;

- oficina de manutenção e almoxarifado;
- construção de poço tubular profundo para abastecimento das instalações;
- interligação das instalações à rede de energia elétrica já existente nas proximidades; e
- construção de cerca e implantação de cinturão verde.

Deve-se observar que, na construção de um poço tubular profundo na área de um aterro industrial, cuidados especiais devem estar previstos para que este não se constitua numa via pela qual os líquidos percolados possam atingir aquíferos profundos. Esta questão não foi tratada no EIA.

## **6.5 Concepção do Projeto**

A seguir são descritas, de forma sucinta, as diversas unidades previstas para serem implantadas no aterro.

### **6.5.1 Depósito de estocagem**

Previu-se a implantação de áreas emergenciais para armazenamento dos resíduos que não pudessem ser dispostos imediatamente, principalmente em períodos chuvosos, de forma que fosse minimizada a geração de líquidos percolados. Outra medida também considerada, consistiu no armazenamento temporário dos resíduos nas próprias unidades geradoras.

Foi prevista a implantação de um pátio para cada classe de resíduos, com área aproximada de 150 m<sup>2</sup>, construídos de alvenaria e pisos de concreto, cobertos e dotados de sistema de drenagem de águas pluviais, áreas estas não apresentadas nem tratadas no EIA.

Na FIGURA 10, é apresentada a configuração geral das instalações do aterro.

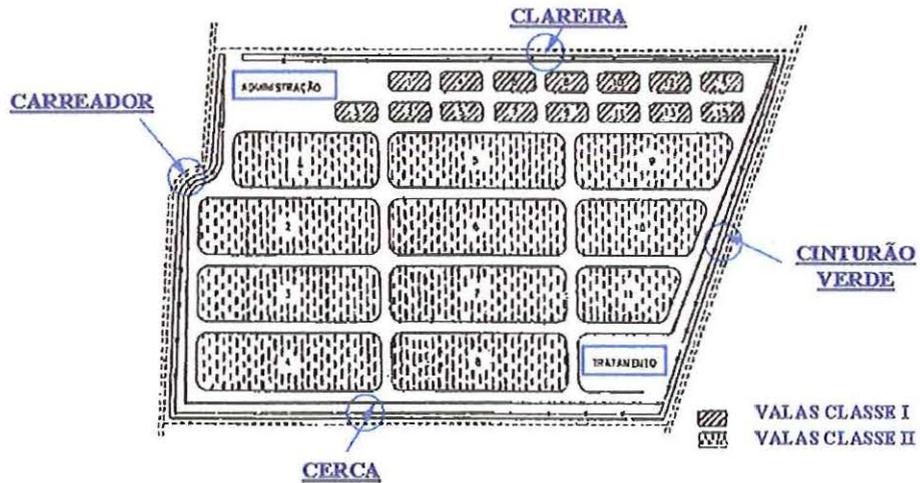


FIGURA 10 – Configuração geral das instalações do aterro industrial (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. III, mapa E11-425).

### 6.5.2 Valas para resíduos de Classe I

Em razão de ter-se avaliado na fase de projeto do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que não era possível determinar exatamente qual o volume de resíduos a ser disposto a cada ano, considerou-se para o dimensionamento da vala, todo o volume determinado no diagnóstico.

As valas, para disposição de resíduos Classe I, foram projetadas com as seguintes dimensões: 50 m de comprimento x 20 m de largura x 5 m de profundidade, portanto com volume total de 5.000 m<sup>3</sup>. Porém, após a instalação dos sistemas de proteção e encerramento, descritos mais à frente, o volume útil será de 2.500 m<sup>3</sup>.

Outras atividades relacionadas à construção das valas são resumidas a seguir:

- parte do material escavado seria utilizado para construção de diques de um

metro de altura ao redor da vala para desvio das águas superficiais; somando-se a profundidade da vala mais a altura do dique, tem-se a altura total de 6 m;

- os horizontes superficiais de solo seriam conservados para futura utilização nas atividades de recuperação, quando do encerramento;
- o restante do solo seria recolocado na própria área; e
- quando do encerramento, a superfície do aterro, na porção mais topograficamente rebaixada da área, estaria dez metros acima do terreno natural.

Foram previstos os seguintes sistemas de impermeabilização das valas (FIGURA 11):

- fundo e laterais: colocação de um metro de espessura de material natural compactado até que este atingisse a permeabilidade mínima de  $1,00 \times 10^{-7}$  cm/s, combinado com membrana de Polietileno de Alta Densidade - PEAD;
- a membrana seria recoberta com camada de geotêxtil no fundo. Nas laterais, previu-se a cobertura com terra para proteção contra o sol;
- acima da membrana, seria colocada camada de brita, seguida por outra de geotêxtil e camada de areia, conjunto este que se constituiria no sistema de detecção de vazamentos;
- o sistema de detecção de vazamentos seria recoberto por outra membrana de PEAD e esta recoberta por outra camada geotêxtil;
- acima, seria implantada a segunda camada de brita, recoberta por geotêxtil, que faria parte do sistema de drenagem do líquido percolado;
- acima desta, finalmente, seria colocada uma última camada de geotêxtil.

No total, as camadas de impermeabilização formariam um conjunto com 60 cm de espessura. Como foi prevista a colocação de uma camada de 3,90 m de espessura de resíduos, em função da geometria da vala, o volume total de resíduos a ser depositado em cada vala seria de 2.500 m<sup>3</sup>, conforme já mencionado.

Para a cobertura dessa vala, previu-se a colocação das seguintes camadas (FIGURA 11):

- argila compactada;
- membrana de PEAD;
- areia: para drenagem das águas precipitadas diretamente sobre a vala, uma vez que as águas de montante deveriam ser desviadas pelos diques. Esta camada seria recoberta

por geotêxtil;

- terra vegetal: seria colocada até a altura dos diques, de modo a permitir a colocação de vegetação, após o encerramento da vala; e
- sistema de cobertura temporário: previu-se a utilização de cobertura metálica durante a operação da vala, de forma que fosse minimizada a entrada das águas precipitadas sobre a vala, e, conseqüentemente, a geração de percolado. Esta cobertura estaria assentada sobre trilhos, podendo ser deslocada para a vala contígua. Não foi apresentado, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), informações sobre sua estrutura e operação.

### 6.5.3 Valas para resíduos Classe II

Estas valas foram projetadas com as seguintes dimensões: 200 m de comprimento x 60 m de largura x 10 m de profundidade.

O volume total da vala seria de 120.000 m<sup>3</sup>, sendo possível a colocação de 100.000 m<sup>3</sup> de resíduos. O sistema de impermeabilização seria constituído das seguintes camadas (FIGURA 12):

- solo natural com um metro de espessura, compactado até um coeficiente de permeabilidade mínima de  $1,00 \times 10^{-7}$  cm/s. Calculou-se, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que somente esta camada já permitiria um tempo de retenção da ordem de 30 anos, levando-se em conta apenas a velocidade de percolação e desconsiderando-se fatores de retardamento, gradientes, etc. Comentou-se também que a Cetesb recomenda que essas valas sejam construídas para um tempo de retenção de 9,5 anos, assumindo-se, ainda, que seja atingido o lençol freático;
- sobre o solo compactado, seria colocada uma camada drenante de areia grossa e sobre esta uma camada de pedrisco. Devido à permeabilidade várias vezes superior desta última camada, o percolado seria encaminhado para os sistemas de remoção; e
- sistema de cobertura: seria constituído de argila, areia e terra vegetal, e projetado na altura dos diques. Sobre a argila e areia, seriam implantadas mantas de geotêxtil. O sistema de drenagem da cobertura foi previsto com declividade de pelo menos 2%.



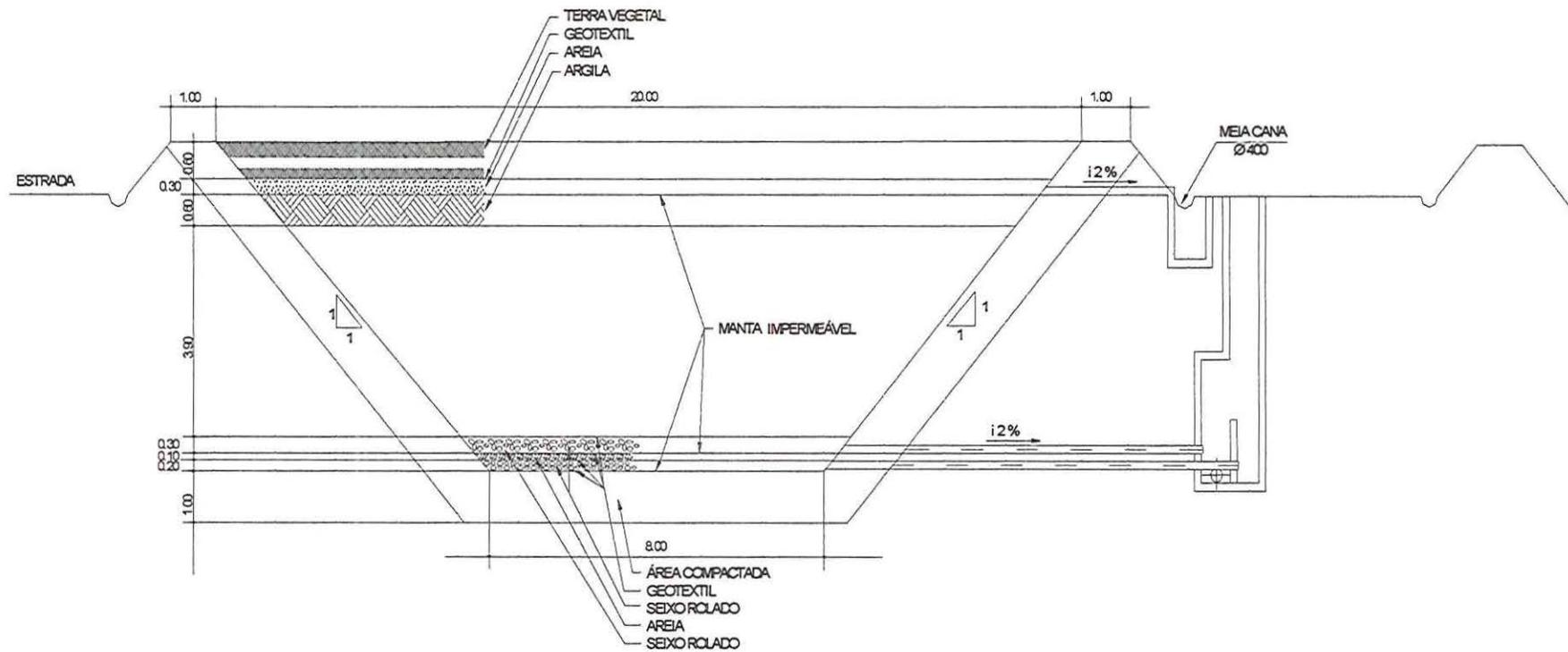


FIGURA 11 – Sistemas de impermeabilização das valas para resíduos Classe I (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. III, planta E11-425).

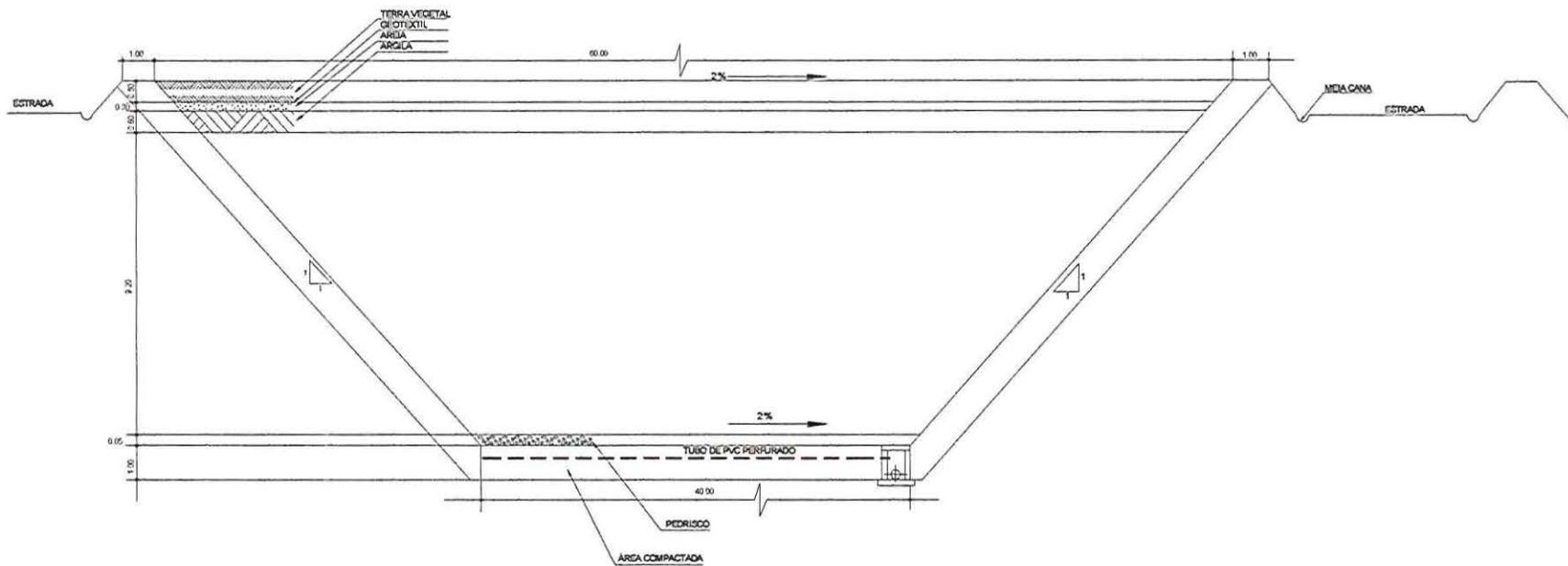


FIGURA 12 - Sistemas de impermeabilização das valas para resíduos Classe II (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. III, planta E11-425).

#### **6.5.4 Sistema de drenagem superficial**

O escoamento superficial natural da área está direcionado para o ribeirão das Palmeiras, que se encontra a uma distância entre 800 e 1250 m da área do aterro, conforme apresentado mais à frente.

O objetivo da implantação deste sistema foi o de desviar o escoamento superficial das valas de resíduos. O sistema deveria ser constituído de meias canas e construído gradativamente, à medida que fossem abertas as valas para disposição. Após o encerramento das células, a água infiltrada na camada superficial também seria encaminhada ao sistema de drenagem.

#### **6.5.5 Sistema de drenagem sub-superficial**

O objetivo da instalação deste sistema foi o de transportar o líquido percolado até os tanques de acumulação.

O sistema projetado para as valas de resíduos Classe I, consistia nos próprios colchões drenantes descritos acima. Para as valas de resíduos Classe II, seriam instalados tubos de PVC em trincheiras escavadas na camada de brita.

Basicamente, os critérios adotados para sua construção foram os seguintes:

- inclinação mínima da tubulação de 2%;
- inclinação da tubulação transversal ao eixo longitudinal da célula também de 2%; e
- tubos dimensionados para a vazão máxima, relacionada a períodos críticos de chuva.

Um assunto não tratado no EIA consiste na possibilidade de colmatação dos drenos de líquidos percolados, devido às características físico-químicas dos líquidos a serem drenados. Essa colmatação, poderia ter como consequência a redução da eficiência da drenagem, podendo resultar em problemas de acumulação excessiva de líquidos no interior da vala.

#### **6.5.6 Tanques de acumulação de percolados**

Com os dados pluviométricos disponíveis no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992),

observou-se que não seria possível o cálculo do volume de percolado a ser gerado. Mesmo assim, considerou-se que haveria uma redução desse volume, em razão da implantação dos sistemas de proteção.

Cabe considerar que, pela relevância deste parâmetro, deveria ter sido desenvolvido um modelo de geração de percolados, com os dados pluviométricos disponíveis, e introduzidos os sistemas de proteção. Dessa forma, poderiam ser inferidos valores de volumes de percolados gerados.

Observa-se ainda que, em diversos pontos do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), aventou-se a hipótese da não-geração de percolados, ou que sua simples acumulação, e conseqüente processo de evaporação, resultaria na não-necessidade de lançamentos de efluentes tratados no ambiente. Isto implicaria a anulação da significância de um impacto, identificado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) como bastante significativo, que poderia trazer como conseqüência a contaminação das águas do ribeirão das Palmeiras, além de impactos na várzea associada.

## 6.6 Parecer do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP

O Parecer Técnico da Escola Politécnica da USP (MELLO, 1994), teve como escopo a avaliação da conceituação utilizada no EIA, dos sistemas de cobertura e impermeabilização, de fundo e laterais, das valas de disposição de resíduos.

A elaboração do Parecer baseou-se nos quesitos técnicos em discussão no Sub-Comitê sobre *Clay Liners* (Revestimentos Minerais de Fundo) do Comitê Técnico de Controle Ambiental, da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos – ABMS. Esta associação atua conjuntamente com a Associação Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações - ISSMFE. Baseou-se, ainda, nas normas técnicas pertinentes e na bibliografia internacional especializada, tais como:

- *Geotechnics of landfill and remedial works technical recommendations - GLR - 1993* - editado pela *German Geotechnical Society for the International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering* - publicado pela *Ernst & Sohn*; e
- *Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction and Closure - 1989* - *United States Environmental Protection Agency - EPA*.

A partir da análise dos critérios utilizados para o dimensionamento dos sistemas

de cobertura e impermeabilização de fundo, descritos nos sub-itens 6.5.2 e 6.5.3 acima, foram apresentadas as seguintes conclusões:

a) sistemas adotados para as valas de disposição de resíduos Classe I:

1) sistema de barreira inferior adotado foi considerado como mais rigoroso do que aquele comumente identificado como Barreira Dupla, nas proposições da CETESB (1992), em razão de ter sido incorporada uma membrana de Polietileno de Alta Densidade – PEAD, na interface superior do material argilo-siltoso compactado de base, além da membrana de PEAD projetada para ser instalada logo abaixo do sistema de drenagem de percolado. Concluiu-se que a concepção adotada está em perfeita sintonia com os quesitos das chamadas Barreiras Duplas Compostas, conforme vem sendo discutido no âmbito da *Environmental Protection Agency - EPA* e *Geotechnics of Landfill Design and Remedial Works Technical Recommendations - GLR*;

2) as condições geológico-geotécnicas, identificadas no subsolo abaixo das células, indicam a presença do lençol freático a aproximadamente 26,0 m de profundidade (16 m abaixo da base das células) e valores de condutividade hidráulica entre  $2,4 \times 10^{-4}$  cm/s e  $2,7 \times 10^{-7}$  cm/s. Alguns destes valores de condutividade hidráulica obtidos são superiores àqueles estabelecidos como limites máximos pela Cetesb, que recomenda sejam sempre menores que  $5,00 \times 10^{-5}$  cm/s. Quanto a estes dados, o autor entendeu que os ensaios de condutividade hidráulica “in situ”, realizados em materiais insaturados, segundo a metodologia *Le Franc*, normalizada pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, podiam fornecer valores mais elevados do que os valores reais;

3) os valores de condutividade hidráulica, da ordem de  $10^{-6}$  cm/s, obtidos nos terrenos compactados, indicaram a necessidade da adição de materiais externos para que fosse atingida a condutividade prevista em projeto (da ordem de  $10^{-7}$  cm/s). Para a solução deste problema, avaliou-se que a adição de pequena porcentagem de bentonita, entre 3% e 5% em peso, permitiria que os terrenos fossem compactados até a condutividade requerida.

4) ressaltou-se que, para garantir a estanqueidade necessária às camadas de geomembranas de PEAD, as técnicas a serem utilizadas para sua instalação deveriam ser bem especificadas e fiscalizadas, para que não ocorressem danos construtivos que comprometessem seu comportamento;

5) concluiu-se que o sistema de impermeabilização do fundo e laterais concebido poderia ser perfeitamente aceitável; e

6) quanto às camadas de cobertura, a concepção do sistema a ser utilizado

também estava perfeitamente de acordo com as normas e padrões utilizados. Foi recomendado apenas que, na fase de detalhamento do projeto executivo, o aterro de regularização, a ser lançado logo acima dos resíduos, deveria ser dotado de grande declividade transversal, de forma a forçar o fluxo das infiltrações e do escoamento superficial na direção do sistema de drenagem superficial, mesmo após os recalques de adensamento dos resíduos.

b) sistemas adotados para as valas de disposição dos resíduos Classe II:

1) o sistema inferior, geralmente denominado de Barreira Simples, para atender aos quesitos estabelecidos pela Cetesb para a construção de células de disposição de resíduos Classe II, em condições climáticas e hidrogeológicas insatisfatórias, deveria incorporar uma camada de geomembrana de PEAD acima da camada de aterro compactado. Observou-se, ainda, que as condições climáticas e hidrogeológicas são, em geral, na área selecionada, bastante favoráveis;

2) para o atendimento integral das normas citadas, a espessura de material compactado abaixo do dreno de percolado deveria ser, no mínimo de 1 m, de forma que os drenos não fossem inseridos nesta camada de impermeabilização, conforme projetado; e

3) para o sistema de cobertura, também foi recomendada a incorporação de uma geomembrana, de forma a minimizar a entrada de águas pluviais nas células.

## **6.7 Considerações sobre a Caracterização do Empreendimento**

Em geral, a concepção de projeto apresentada neste item encontra-se bastante adequada quando comparada com as diretrizes e critérios adotados pela CETESB (1992) e ABNT (NBR 8418.93), apresentados e comentados no Capítulo cinco (5) deste trabalho.

Observa-se que grande ênfase foi dada à impermeabilização inferior das valas de disposição de resíduos, uma vez que já nesta fase, a possibilidade de vazamento de líquido percolado e possível contaminação do lençol freático foi considerado como impacto bastante significativo.

Cabe considerar que, na fase de licenciamento prévio e de processo de avaliação de impacto ambiental, não há como garantir a adoção por parte do empreendedor, do processo construtivo apresentado no EIA. A fiscalização e o acompanhamento da execução do projeto ocorrerão posteriormente, nas fases de licenciamento da instalação e da operação do empreendimento, de responsabilidade da Cetesb.

## **7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

Neste capítulo, serão apresentados e comentados os levantamentos realizados, para elaboração do EIA, nas áreas de influência definidas para o empreendimento (intervenção direta, influência direta e indireta).

Conforme já mencionado, será dada ênfase às questões relativas ao meio físico, porém, em razão da própria natureza dos processos de AIA, essencialmente multidisciplinares, serão comentadas as questões mais relevantes relacionadas aos meios biótico e socioeconômico.

Foram incluídos neste diagnóstico os Pareceres do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp (COTTAS, 1993a e 1993b), e do Instituto de Geociências da USP (RICCOMINI, 1994), que tratam das questões geológicas e hidrogeológicas da região do empreendimento.

### **7.1 Área de Influência**

#### **7.1.1 Área de intervenção**

A área de intervenção, foi definida no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), com sendo a área de 20 ha que seria ocupada pelo empreendimento, durante todo seu funcionamento.

#### **7.1.2 Área de influência direta – AID**

A área de influência direta, conforme definida no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), constituiu-se naquela onde seriam refletidas todas as ações de emissões de matéria ou energia a partir da implantação e operação do empreendimento.

Foi observado que a partir do projeto não eram previstas emissões para fora dos limites da área de intervenção, o que não condiz com o fato da previsão de lançamento de efluentes a partir da ETE, e impactos relacionados com outras atividades como o tráfego de veículos de transporte dos resíduos. Foi admitido também que numa eventual contaminação do

lençol freático o ribeirão das Palmeiras seria o corpo receptor, além dessa área abranger também emissões eventuais de resíduos a partir de acidentes. Assim, entende-se que não ficou claro no EIA a definição dos limites da área de influência direta.

### **7.1.3 Área de influência indireta – All**

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), a área de influência indireta foi definida com toda região abrangida pelo estudo de localização do empreendimento, compreendendo as folhas do IBGE 1:50.000 de Rio Claro, Americana, Limeira e Piracicaba, onde encontram-se as indústrias geradoras de resíduos e potenciais clientes do aterro industrial.

## **7.2 Uso e Ocupação do Solo e Meio Socioeconômico**

Em termos regionais, a caracterização do uso e ocupação do solo, apresentada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), baseou-se nos dados fornecidos pela “Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo” do Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC (1980), atualizados a partir dos dados da Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - Funcate (1989), baseados, por sua vez, em interpretações de imagens de satélite.

Conforme já mencionado, diagnosticou-se que as áreas agrícolas ocupam parcela significativa da região, com predominância da cultura de cana-de-açúcar, numa faixa que se estende de sudoeste para nordeste, abrangendo os municípios de Piracicaba, Itacemópolis, Charqueada, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Limeira.

As áreas destinadas às culturas de café, citrus e fruticultura ocupam predominantemente a porção sudeste, em especial no município de Limeira, com alguma expressão, ainda, em Araras e Rio Claro.

Na porção noroeste, identificou-se ocupação significativa por pastagens, em áreas dos municípios de Rio Claro, Corumbataí e Ipeúna, ocorrendo ainda ao redor de Rio Claro e norte de Araras, áreas expressivas de silvicultura e outras destinadas a culturas anuais, respectivamente.

As áreas de vegetação natural, tais como mata, capoeira, campo, cerrado e vegetação de várzea, ocorrem em pequenas áreas espalhadas pela região, com alguma concentração nas porções sudeste e noroeste.

Foram mapeadas também duas áreas de interesse ambiental, que se constituem

na Estação Experimental de Tupi, no município de Piracicaba, e a Área de Proteção Ambiental - APA de Corumbataí-Tejupá, compreendendo parcelas significativas das áreas rurais de Rio Claro, Ipeúna e Corumbataí.

Quanto ao uso industrial, verificou-se que está concentrado em distritos industriais existentes nos municípios e, esparsamente distribuído, ao longo dos principais eixos viários.

Os processos produtivos citados e o número elevado de unidades industriais, resultam num quadro de grande geração de resíduos, especialmente os industriais de Classe I e II, relacionados a serviços de apoio direto ao setor produtivo.

Conforme já mencionado no item “Caracterização dos Resíduos”, dados do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) produzidos em 1992 mostram que 30 das indústrias instaladas na região, correspondentes a 3% do total, são responsáveis pela geração de cerca de 90% dos resíduos em toda a região estudada.

Em termos de ocupação urbana, no EIA (op. cit.) foram inferidas prováveis conurbações dos municípios de Limeira e Iracemápolis, além de Rio Claro e Santa Gertrudes.

Quanto à infra-estrutura viária, observou-se que na área de estudo, principalmente em torno dos principais pólos econômicos e de concentrações urbanas, a malha viária apresentava-se bastante estruturada, tendo como eixos principais as rodovias Anhangüera (SP-330) e Washington Luís (SP-310).

Além destas, principalmente nas porções norte e noroeste, destacam-se as interligações municipais, através de estradas asfaltadas e uma quantidade significativa de estradas vicinais.

## **7.3 Meio biótico**

### **7.3.1 Vegetação e flora terrestres**

Segundo o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), a colonização do Estado de São Paulo consolidou-se no século XIX, com a expansão da cultura do café, e mais recentemente com a cultura da cana-de-açúcar, causando diminuição drástica da área de cobertura vegetal natural do Estado, sendo que a maior parte das matas naturais encontram-se nas regiões montanhosas, a leste.

No interior, são encontradas apenas pequenas áreas de cerrado (campo limpo, campo serrado, cerrado “sensu strictu” e cerradão) localizadas, principalmente, sobre solos pobres, impróprios para cultivos intensivos (BORGNOVI & CHIARINI apud JAAKKO PÖYRY, 1992). Remanescentes isolados das florestas mesófilas originais e de matas ripárias podem ser encontrados nas escassas reservas florestais do Estado ou particulares.

Levantamento efetuado por técnicos do Instituto Florestal e do Instituto Agrônômico de Campinas (SERRA FILHO et al. apud JAAKKO PÖYRY, 1992), demonstrou que apenas 8,33% da área do Estado estava coberta por matas e 4,99% por capoeiras, sendo que a maior parte desta vegetação encontrava-se preservada na Serra do Mar e adjacências. Desses totais, a região que inclui os municípios de Campinas, Piracicaba, Rio Claro e Jundiaí, contribui com 2,04% da área coberta por mata, e a região que inclui os municípios de Campinas, Piracicaba, Rio Claro, Limeira, São João da Boa Vista e Casa Branca, contribui com 1,90% da área coberta por capoeira.

Na área de influência indireta do empreendimento, diagnosticou-se que as formações vegetais existentes encontram-se dispersas, em pequenas extensões e em faixas ao longo dos rios e riachos.

Em razão da intensa ocupação antrópica de toda região, esses maciços florestais são encontrados em diversos estágios de sucessão.

Conforme apresentado no item referente ao uso e ocupação do solo, na área de influência direta do empreendimento, foi diagnosticada a ausência quase total de manchas de vegetação natural, fato este comprovado por levantamentos indiretos e de campo.

Em razão deste perfil, no EIA (op. cit.) as áreas de influência direta e intervenção direta foram consideradas coincidentes para efeito do diagnóstico da vegetação e flora terrestre.

Como conclusão, tem-se que a característica da área de intervenção e seus entornos é de ocupação quase total pela cultura de cana-de-açúcar.

### **7.3.2 Fauna terrestre**

De modo similar à flora terrestre, a fauna da região encontra-se descaracterizada em grande parte, restando populações reduzidas que ocupam reservas de vegetação natural e alteradas, ocorrendo, ainda, populações de espécies sinantrópicas (de natureza selvagem mas que convivem no meio antrópico), nas proximidades de áreas com intensa atividade antrópica ou áreas urbanizadas.

Na área de influência indireta do empreendimento, a fauna está diretamente relacionada com as formações vegetais que ali ocorrem, sendo que a existência de vários estratos nestas formações vegetais, os quais constituem diferentes nichos, contribuem para a presença de uma fauna bastante diversificada, contrastando com o pequeno número de indivíduos por espécie.

### **7.3.3 Ecossistema aquático**

De acordo com o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), no período em que foi realizado o levantamento da ictiofauna (agosto de 1992), na área de influência direta do empreendimento, o nível do ribeirão das Palmeiras estava baixo e a área de várzea seca. Este ribeirão apresentava entre 1,00 e 2,00 m de largura e entre 0,50 e 1,00 de profundidade. A área marginal ao ribeirão possuía rica vegetação e fundo areno-pedregoso. A análise da ictiofauna do ribeirão demonstrou a existência de um número de espécies bastante pequeno.

Esta área marginal foi caracterizada como área de várzea, porém, como o período era de estiagem, apresentava-se descoberta. Apesar das poucas espécies encontradas, avaliou-se que como a foz do ribeirão das Palmeiras está a aproximadamente 4 km do local visitado, é provável que várias espécies do rio Piracicaba migrem em períodos de cheia para se alimentar, abandonando a área, em períodos de estiagem.

Considerou-se também que o local já se encontrava sob forte influência antrópica, e que a apenas algumas dezenas de metros da várzea, estava implantado um extenso canal e, a montante do ponto de amostragem o ribeirão das Palmeiras corria ao longo de uma área de pastagem. Avaliou-se que estes fatores já teriam alterado a qualidade da água no local, bem como a composição da ictiofauna.

## **7.4 Meio Físico**

### **7.4.1 Geomorfologia**

As informações aqui apresentadas foram sintetizadas do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), e são baseadas no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

A maior parte da região considerada situa-se na província geomorfológica denominada Depressão Periférica. Uma pequena área, a noroeste, situa-se na província geomorfológica denominada Cuestas Basálticas.

As principais características geomorfológicas e geológicas dessas duas províncias são as seguintes:

### **Depressão Periférica:**

- faixa de ocorrência de rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas do Estado de São Paulo, de corpos intrusivos de diabásio, sob a forma de diques e sills, além de poucas ocorrências de rochas pré-Cambrianas. Está incluída na zona denominada Médio Tietê;

- são identificadas as seguintes formações geológicas: depósitos aluviais, Formação Rio Claro, Suítes Básicas, Formação Pirambóia, Formação Corumbataí, Formação Irati e Formação Aquidauana;

- abrange quase que totalmente a região estudada, apresentando em geral relevo suave, desníveis locais que só raramente ultrapassam 200 m, predominando colinas amplas e médias, arredondadas e separadas por vales jovens, morros alongados e espigões, além de relevos residuais do tipo mesas basálticas. Não ocorrem planícies aluviais importantes;

- a rede de drenagem apresenta-se bastante organizada e direcionada para o rio Tietê, destacando-se o rio Piracicaba e seus afluentes. Apresenta algum controle estrutural, originado pelo caimento geral das camadas para NNE e pelos sistemas de fraturas com orientação para NE e NW;

### **Cuestas Basálticas:**

- aparecem em pequenas extensões na região, constituindo-se em relevo de transição, sustentando os relevos de cuestas propriamente ditas, as quais são uma das mais marcantes formas do relevo Paulista, estando condicionadas à presença de derrames basálticos; e

- as formas de relevo constituem-se em escarpas e encostas com cânions locais, associadas às escarpas dos pequenos platôs basálticos.

#### **7.4.1.1 Geomorfologia da área de intervenção**

A área de intervenção caracteriza-se pela existência de uma superfície aplainada, situada a nordeste da cidade de Piracicaba, inserida na denominada Zona Geomorfológica do Médio Tietê, subdivisão adotada por ALMEIDA apud JAAKKO PÖYRY (1992), para esta porção da Depressão Periférica.

A área selecionada, com formato trapezoidal, situa-se junto ao topo de uma colina de contornos amplos e suavizados, estendendo-se por uma de suas meias encostas, apresentando declividades regulares e baixas (máximo de 4%). Esta vertente apresenta caimento aproximado para leste, drenando para o ribeirão das Palmeiras, distante cerca de 1 km dos limites da área do projeto, sendo a amplitude local de aproximadamente 25 m.

A área de intervenção é recoberta por cana-de-açúcar, que desenvolve-se sobre espesso manto de alteração dos diabásios, com aproximadamente 10 m de espessura de latossolo roxo.

O relevo local pode ser classificado como de degradação, gerado pela ação contínua de processos de denudação sobre uma área planáltica, sendo que as ações antrópicas também se constituem em fator modelador importante.

#### **7.4.2 Aspectos climáticos**

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), avaliou-se que em função da predominância de relevo suave a suave ondulado, tem-se uma distribuição quase uniforme das condições climáticas, por toda região estudada.

Os dados, para a caracterização climática da região, foram compilados dos boletins técnicos do Instituto Agrônomo da Campinas - IAC e do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq, da USP.

Em geral, tem-se na região um regime típico de verão chuvoso, de outubro a março, concentrando 80% das precipitações, e inverno seco, de abril a setembro, sendo que a passagem entre estes dois períodos dá-se de forma abrupta.

A caracterização das condições meteorológicas locais foi baseada nos dados provenientes do Posto Meteorológico instalado na Esalq em Piracicaba, tendo sido utilizada uma série histórica de 72 anos.

Com base nos dados levantados, foi elaborado o balanço hídrico da área que

consistiu, conforme definido no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), na avaliação da quantidade de água disponível no solo, através de processo analítico envolvendo precipitação e perdas por evapotranspiração, considerada, neste caso, como a evapotranspiração potencial. O cálculo efetuado foi baseado na metodologia de Thornthwaite e Mather, adotada pela Cetesb, no Manual de Resíduos Sólidos Industriais (CETESB, 1992).

Não foram considerados, neste cálculo, as taxas de escoamento superficial, uma vez que a “questão de maior interesse (valas do aterro) não permite escoamento”, de acordo com o EIA (op. cit.).

Observa-se que a água precipitada sobre as valas do aterro sofreria infiltração e deveria ser drenada através do sistema de drenagem sub-superficial ali existente. Porém, parte da água precipitada sobre a área de intervenção será escoada superficialmente, o que deveria ter sido levado em conta no balanço hídrico efetuado.

Em resumo, os resultados do balanço hídrico apresentaram as seguintes médias anuais:

- precipitação: 1254 mm
- evapotranspiração potencial: 1330 mm
- evapotranspiração real: 1234 mm
- percolação: 20 mm
- déficit hídrico: 96 mm

Como conclusão, tem-se a verificação da ocorrência de baixos valores de percolação anual (20 mm) e déficit hídrico nos meses mais secos, o que indica que as condições climáticas, para implantação de aterros industriais, são bastante favoráveis.

### **7.4.3 Recursos hídricos superficiais**

De acordo com levantamento efetuado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), o empreendimento está situado na bacia do rio Piracicaba, que corresponde à bacia número 14 da Primeira Zona Hidrográfica do Estado de São Paulo (CETESB apud JAAKKO PÖYRY, 1992).

Esta bacia apresenta superfície de 12.746 km<sup>2</sup> e seus constituintes principais são os rios Atibaia, Jaguari e Corumbataí, além do próprio rio Piracicaba, que é resultante da junção dos rios Atibaia e Jaguari.

Segundo avaliação constante do EIA (op. cit.), a reversão das cabeceiras

represadas dos rios desta bacia, para fornecimento de 31 m<sup>3</sup>/s de água para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, através do Sistema Cantareira, compromete significativamente o abastecimento urbano-industrial dos municípios situados a jusante das barragens.

O rio Piracicaba atravessa toda a Depressão Periférica, nos sentidos W e W-NW, confluindo com o rio Tietê no reservatório de Barra Bonita, entre as cuestas basálticas de São Pedro. Sua vazão média, nas proximidades da cidade homônima, é de 140 m<sup>3</sup>/s, com mínima medida de 25 m<sup>3</sup>/s. Em razão da reversão do volume de água citado à época dos levantamentos, ser da ordem de 28 m<sup>3</sup>/s, a vazão mínima projetada era de 40 m<sup>3</sup>/s, tendo sido afirmado haver dificuldades na manutenção desta vazão, para atendimento das demandas atuais e as reversões em Jundiá e no Sistema Cantareira.

Quanto à qualidade das águas, avaliou-se que esta encontrava-se comprometida devido aos lançamentos de esgotos “in natura”, gerados por populações de núcleos urbanos, assim como de efluentes industriais parcialmente tratados, num volume significativo, devido ao grande número de indústrias instaladas na região.

Dois postos de monitoramento da Cetesb encontram-se instalados nas proximidades da área proposta para o empreendimento (PI2160 e PI2192), apresentando os parâmetros de qualidade da água a montante e jusante do ponto de confluência do rio Piracicaba com o ribeirão das Palmeiras.

Através da análise dos dados apresentados em 1990 (CETESB apud JAAKKO PÖYRY, 1992), concluiu-se que a qualidade da água encontra-se no nível aceitável para abastecimento público.

#### **7.4.3.1 Cursos d'água locais**

A área de intervenção está situada na sub-bacia do ribeirão das Palmeiras, que se constitui num afluente da margem direita do rio Piracicaba. Este ribeirão nasce no município de Itacemápolis a aproximadamente 5 km a nordeste da área do empreendimento, percorrendo cerca de 15 km, desde sua nascente até desaguar no rio Piracicaba (FIGURA 13).

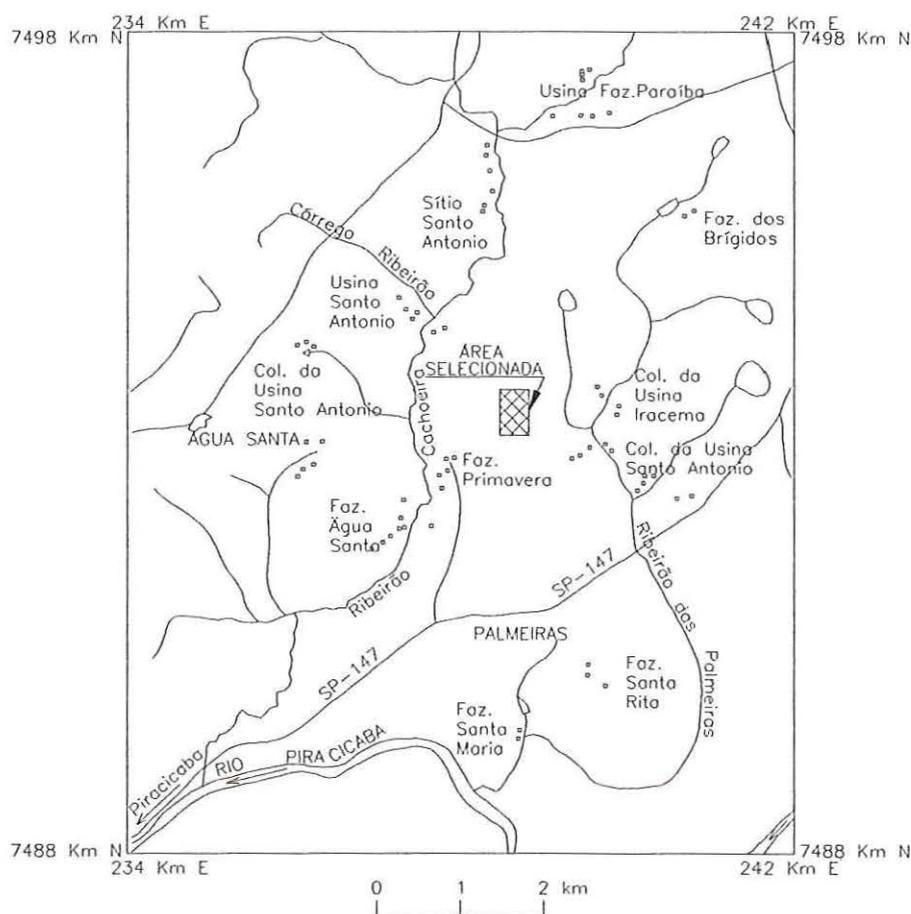


FIGURA 13 – Localização da área em relação à rede hídrica local (JAAKKO PÖYRY, 1992)

Localmente, a área situa-se no alto da parte oeste desta sub-bacia, praticamente no divisor da sub-bacia do ribeirão denominado Cachoeira. O ponto mais próximo do ribeirão das Palmeiras com os limites da área do empreendimento encontra-se, aproximadamente, a 800 m, e o desnível, do ponto mais alto da área até o leito do ribeirão, é de cerca de 55 m.

Como já mencionado, a região está ocupada quase que totalmente com cultura de cana-de-açúcar. Porém, parte significativa do ribeirão das Palmeiras passa por áreas de várzea.

Para a caracterização da água do ribeirão das Palmeiras, foram realizados levantamentos que incluíram ensaios de vazão e ensaios de qualidade da água. A investigação foi realizada no mês de agosto, durante o período de menor pluviosidade. Segundo a interpretação apresentada, os resultados representam as condições menos favoráveis, em especial de qualidade,

uma vez que a vazão encontrava-se bastante reduzida.

A vazão, no ponto onde a estrada de acesso à área do aterro cruza o ribeirão, foi medida em 0,02 m<sup>3</sup>/s (20 l/s), caracterizando-o, como um corpo hídrico de pequeno porte.

Quanto ao uso da água, identificou-se que é utilizada por alguns colonos da Usina Santo Antônio, apenas para fins domésticos, não incluindo o consumo humano.

Quanto à qualidade da água, foi realizada uma companhia de amostragem, cujos resultados são apresentados na TABELA 09, na qual são comparados os valores médios obtidos, com os padrões de qualidade constantes da Resolução Conama - 020/86, para rios de Classe II.

**TABELA 09: Qualidade da água do ribeirão das Palmeiras (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. II, p. 166).**

Parâmetro	Unidade	Valor médio	Limites para rios Classe II (Res. Conama - 020/86)
cor	mgPt/l	23,30	< 75,00
pH	-	6,32	6,00 - 9,00
oxigênio dissolvido	mgO <sub>2</sub> /l	2,90	> 5,00
resíduo total	-	90,00	-
resíduos não filtráveis	-	13,30	< 500,00
turbidez	UNT	3,90	< 100,00
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	n.d.	< 5,00
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	24,00	-
cloreto	mgCl/l	2,00	< 250,00
nitrogênio k total	mgN/l	0,22	-
sulfato	mgSO <sub>4</sub> /l	2,30	< 250,00
cobre	mgCu/l	n.d.	< 0,02
manganês	mgMn/l	0,12	< 0,10
zinco	mgZn/l	n.d.	< 0,18
ferro solúvel	mgFe/l	0,20	< 0,30
coliformes totais	NMP/100 ml	15,00	< 5000,00
coliformes fecais	NMP/100 ml	15,00	< 1000,00

Como conclusão, tem-se que o ribeirão das Palmeiras apresentava, à época da elaboração do EIA, qualidade compatível com os padrões para rios de Classe II, com exceção dos parâmetros OD e manganês.

Os resultados abaixo do limite, obtidos para o parâmetro OD, foram interpretados como decorrentes da modificação local do regime fluvial relacionada à existência da várzea, que causa um certo represamento do corpo d'água, não propiciando aeração

significativa. Observou-se ainda que, apesar dos reduzidos valores de OD, não se verificaram níveis detectáveis de  $\text{DBO}_5$ , o que indica que o oxigênio deveria estar sendo consumido por algum processo de oxidação.

Apesar do manganês ter sido detectado com valores elevados em uma das amostras, não foi apresentada interpretação para sua origem.

De uma maneira geral, a partir dos resultados obtidos, concluiu-se que não existiam concentrações elevadas de matéria orgânica e que os níveis de contaminação por esgotos domésticos, bem como as concentrações de metais pesados são pouco significativos.

A presença de coliformes foi atribuída à existência de pastagens ao longo do ribeirão.

## **7.4.4 Geologia**

### **7.4.4.1 Geologia regional**

As informações aqui apresentadas foram sintetizadas do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) e são baseadas no Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

A área selecionada situa-se na unidade geotectônica denominada Bacia Sedimentar do Paraná, considerada como uma bacia intracratônica, situada na Plataforma Sul Americana (Paleozóico Inferior).

Nos limites da região considerada, afloram sedimentos da Bacia do Paraná, de idade compreendida entre o Carbonífero e o Cretáceo, representados pelas seguintes formações geológicas:

- Itararé;
- Aquidauana;
- Tatuí;
- Irati;
- Corumbataí;
- Pirambóia; e
- Rio Claro.

Após os eventos geradores da Bacia do Paraná, tem início o ciclo de deposição

do período Cenozóico. Através da atuação dos processos de modelagem do relevo atual, ocorreu a deposição da formação Rio Claro e de sedimentos recentes.

A seguir, será apresentada descrição sucinta das formações geológicas que ocorrem na região, por grupos:

### **Grupo Tubarão**

- Formação Itararé: composta por arenitos de granulometria heterogênea (fina a grosseira), siltitos, lamitos, diamictitos e ritmitos, de cores amarela, vermelha e cinza. Em resumo, trata-se de arenitos heterogêneos com termos conglomeráticos, podendo ocorrer estratificação plano paralela e cruzada. Estes sedimentos apresentam-se mineralogicamente imaturos, podendo chegar a feldspáticos e arcossianos. Os solos, resultantes da alteração, apresentam-se silto-arenosos. Na área em estudo, estes sedimentos ocorrem preferencialmente na porção SE, nas proximidades das cidades de Americana e Limeira. Também na parte central, na bacia do rio Corumbataí, entre Rio Claro e Piracicaba, há uma área de ocorrência menos expressiva;

- Formação Aquidauana: a ocorrência limita-se ao local onde assenta-se a cidade de Araras e no extremo nordeste da quadrícula na bacia do rio Mogi-Guaçu. Caracteriza-se por arenitos e lamitos vermelhos que dão origem a solos arenosos, após alteração; e

- Formação Tatuí: caracteriza-se por siltitos arenosos e argilosos, arenitos lamíticos e raras lentes de calcário; sua alteração resulta em solos predominantemente siltosos; ocorrem principalmente na porção leste da área, em especial nos arredores de Araras, a partir de onde a faixa de ocorrência estreita-se tanto para norte quanto para sul, mas ocorre também na parte central da área, bordejando os sedimentos da Formação Itararé, os quais ocorrem na bacia do rio Corumbataí;

### **Grupo Passa Dois**

- Formação Irati: caracterizada por folhelhos, siltitos e calcários dolomíticos; sua alteração produz solos essencialmente siltosos e a principal ocorrência limita-se à porção centro-sul, porém, há outras restritas, no extremo leste; e

- Formação Corumbataí: constituída de arenitos muito finos, siltitos, lamitos,

folhelhos e níveis de calcários oolíticos e coquina. As cores predominantes são roxo e cinza e sua alteração produz solos predominantemente argilosos; ocupa a maior parte da área de estudo, dispondo-se numa faixa central alongada na direção norte-sul.

### **Grupo São Bento**

- Formação Pirambóia: constituída de arenitos finos a médios, com matriz silto-argilosa, estratificação cruzada de médio a grande porte e coloração vermelho clara; sua alteração resulta em solos essencialmente arenosos; ocorre, de forma expressiva, na parte oeste e no entorno norte da região; e

- Formação Serra Geral: constituída de diques e *sills*, incluindo dioritos pórfiros, monzonitos pórfiros, andesitos pórfiros, traquiandesitos, gabros e lamprófiros. Sua alteração produz solos francamente argilosos; ocorre nas porções centro e oeste da área, recobrimo e/ou introduzindo as formações mais antigas.

### **Sedimentos Cenozóicos**

- Formação Rio Claro (TQ rc): constituída de arenitos pouco consolidados, de granulometria fina e média e, subordinadamente, conglomerados e argilas, ocorrendo nas imediações do município de rio Claro; e

- Depósitos Coluviais de Espigão: são identificadas, basicamente, areias com matriz argilosa, cascalhos de limonita e quartzo na base, ocorrendo nos extremos sul e leste da área.

Também foram identificados depósitos holocênicos, representados por aluviões relacionados aos cursos d'água da região, constituídos de areias e argilas, com conglomerados na base.

#### **7.4.4.2 Geologia estrutural**

A região segundo o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), é caracterizada pela ocorrência de um complexo sistema de falhamentos de gravidade constituindo “horsts” e “grabens”, domos e flexuras (periclinais), gerados pelos processos tectônicos que atuaram na

Bacia do Paraná.

Os falhamentos regionais são orientados, basicamente, a NE-SW e NW-SE.

São descritas as seguintes estruturas:

- Domo de Pitanga: localizado ao norte da zona urbana de Piracicaba, constitui-se numa estrutura alongada, com eixo maior encurvado de SW para NW, abrangendo uma área aproximada de 10 km<sup>2</sup>;
- Domo de Assistência: situado a dois km ao sul de Rio Claro, com eixo maior na direção N60W. A área total é de 1,20 km<sup>2</sup>;
- Domo de Artemis: situado nas proximidades da vila homônima, onde se observa acentuada penetração da faixa de afloramento da Formação Corumbataí para oeste;
- Alto de Araras: constitui-se numa estrutura anticlinal com eixo de direção aproximadamente E-W, a qual teria controlado localmente o curso do rio Mogi-Guaçu; e
- *Horsts*: foram identificados, a 20 km ao sul de Piracicaba, os de Pau D'Alho e Monte Branco, destacando-se pela elevação em torno de 700 m, em contraste com o padrão local que é de 600 m. Constituem-se em estruturas delimitadas por falhas, sendo as principais de direção NW-SE, com grande extensão. A falha de Monte Branco tem direção aproximada N40W e apresenta intrusões de diabásio, sendo responsável pelo forte mergulho que a Formação Corumbataí apresenta no local.

Destacou-se ainda que, no padrão regional geral, as camadas da Bacia do Paraná têm mergulho suave para oeste em torno de um grau.

#### **7.4.4.3 Geologia da área de intervenção e de influência imediata do empreendimento**

Conforme já mencionado, a região considerada situa-se no domínio da Bacia do Paraná, sobre a unidade geomorfológica denominada Depressão Periférica, na qual os depósitos sedimentares e rochas intrusivas apresentam horizontes de alteração de espessura variável, por vezes de mais de 40 m.

Na área definida no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) como de influência imediata, constituída de uma faixa de 1 km ao redor da área de intervenção, ocorrem as seguintes formações e suas respectivas litologias:

- Formação Tatuí - Grupo Tubarão: constituída de depósitos de origem

marinha, apresentando siltitos e arenitos finos estratificados;

- Formação Irati - Grupo Passa Dois: constituída de siltitos, argilitos e folhelhos, com ocasionais níveis de calcário intercalados que, por alteração geram um solo de cor vermelha escura, semelhante à denominada “terra roxa”; e

- Formação Serra Geral - Grupo São Bento (Suíte Intrusiva Básica): representada na área por corpo de diabásio, em vários estágios de alteração, apresentando intenso diaclasamento.

No que diz respeito à definição da área de influência imediata, observa-se que, ao invés de definir um limite padrão de 1 km em torno da área de intervenção, no EIA (op. cit.) deveriam ter sido levadas em conta as questões técnicas para esta definição, utilizando-se, por exemplo, o conceito de bacia ou sub-bacia hidrográfica, uma vez que a influência dos impactos estaria melhor delimitada desta forma.

Com relação à área de intervenção, a partir do reconhecimento de campo citado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), acrescido das investigações realizadas, concluiu-se que a área localizava-se, parte sobre um corpo de rocha intrusiva básica, classificada como diabásio e parte sobre rochas sedimentares, constituídas de calcários, argilitos e siltitos (FIGURA 14).

Na fase inicial de investigações, verificou-se também que na borda oeste da área de intervenção, a espessura do manto de alteração, compreendido como sendo solo mais rocha argilizada, apresentava aproximadamente 10 m, enquanto que no restante da área, a profundidade do topo rochoso se encontrava entre 35 e 43 m.

A menor espessura do manto de alteração, na parte oeste da área, que se constituía na parte mais alta em termos topográficos, sugeriu a existência de um degrau no topo rochoso, o que pode ter propiciado uma concentração de fluxo de água subterrânea em direção à parte mais baixa, ocorrendo, portanto, as maiores espessuras material inconsolidado, neste local. Tal fato implicou o deslocamento do polígono relativo à área do projeto para leste, em direção ao ribeirão das Palmeiras, decidindo-se, assim, pela complementação do programa de sondagens.

Nos poços e sondagens (a percussão e rotativas), além da caracterização das unidades atravessadas, foram determinadas suas espessuras, a profundidade do nível d'água e do topo rochoso, ou seja, do contato do solo com a rocha sã.

Após a alteração do polígono referente à área de intervenção, os levantamentos geológicos, hidrogeológicos e os ensaios realizados foram, basicamente, os seguintes:

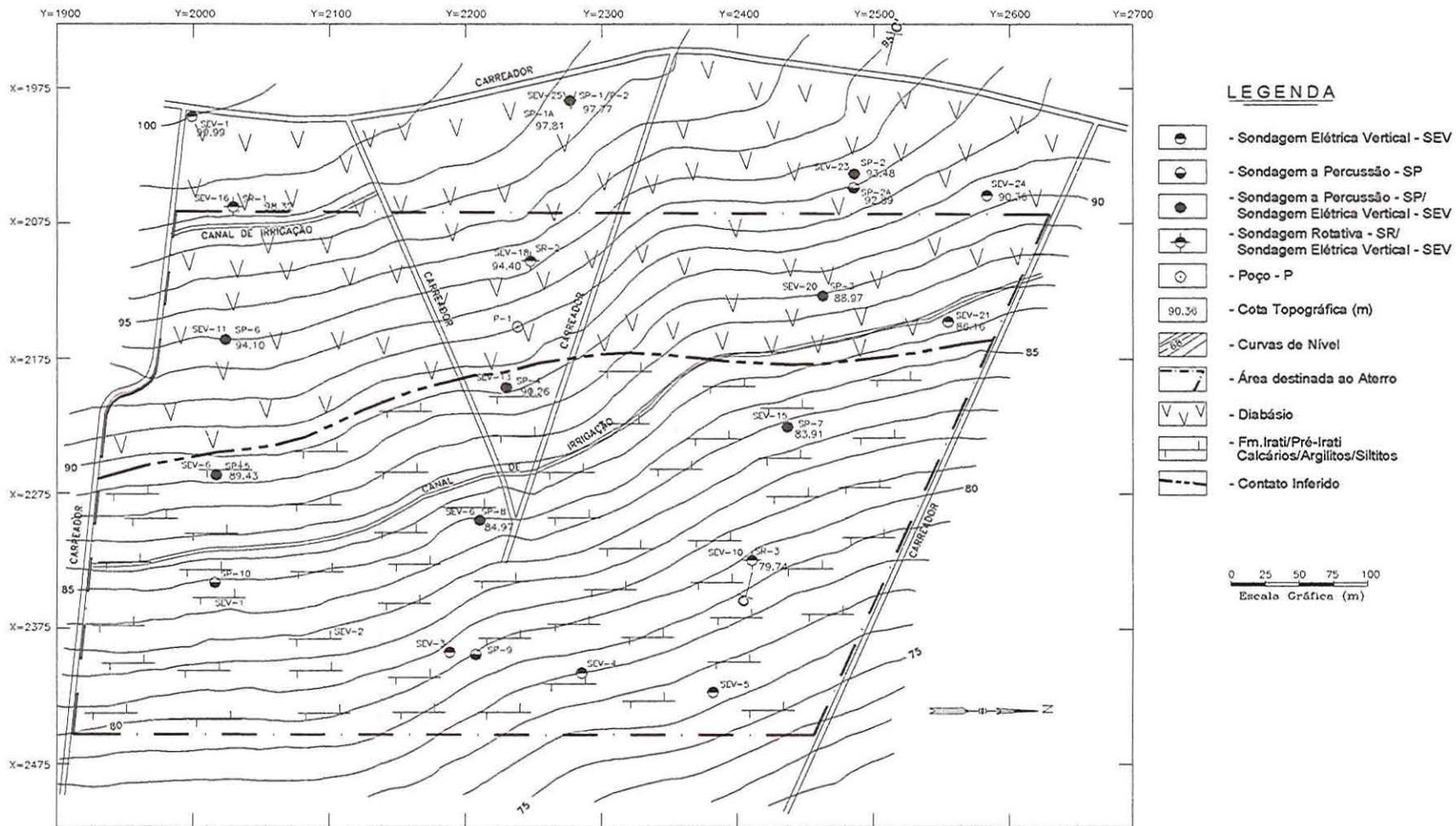


FIGURA 14 – Mapa da área de intervenção (primeira versão, JAAKKO PÖYRY, 1992)

- reconhecimento geológico de campo: levantamento dos aspectos geológicos locais para elaboração de mapa e seções geológicas;
- levantamentos geofísicos: investigações com a utilização do método da eletrorresistividade, segundo o dispositivo de sondagem elétrica (24 estações), com arranjo Schlumberger;
- campanhas de sondagens: foram realizadas sondagens mecânicas, sendo 340 m de trado-percussão e 83 m de rotativa, com o objetivo principal da caracterização dos horizontes do subsolo em termos geológicos e hidrogeológicos;
- perfuração de poços: foram escavados dois poços de pesquisa de 11 m de profundidade (22 m no total), para descrição geológica e retirada de amostras indeformadas; e
- ensaios de campo e laboratório: foram realizados ensaios de infiltração para determinação da permeabilidade “in situ” e em laboratório, análises granulométricas, determinação de limites de liquidez e plasticidade (LL/LP), densidade, SPT, entre outros.

Os pontos de sondagem estão indicados na FIGURA 14.

Houve, posteriormente, a integração dos dados bibliográficos e das informações levantadas em campo e laboratório, estabelecendo-se um modelo geológico da área (FIGURA 15), qual seja:

- camada de solo superficial: argila arenosa, porosa, mole a média, marrom avermelhada (latossolo roxo), com espessuras variando de 6 a 12 m;
- solo de alteração de rocha: nível de transição, constituído de argila silto-arenosa, marrom avermelhada, com manchas (veios) amarelados e espessuras variando de 1 a 4 m;
- rocha alterada: silte argilo-arenoso, médio a rijo, variegado, com níveis argilo-arenosos intercalados, com fragmentos de rocha de cor acinzentada na base e espessuras variando de 20 a 38,50 m;
- rocha sã: rocha básica (diabásio), muito fraturada e friável no contato, de cor cinza esverdeado a cinza amarelado, grã fina-média e rocha sedimentar mostrando alternância de calcário com siltitos/argilitos, de cor cinza claro e escuro; e
- o contato entre o manto de intemperismo (solo + rocha argilizada) e a rocha sã, definido como topo rochoso, apresenta-se fragmentado, fraturado e cisalhado, conforme observação a partir dos testemunhos das sondagens rotativas realizadas.

PERFIL GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO		PROF. MÉDIA (m)	PARÂMETROS DE PROJETO	PERMEABILIDADE NATURAL (cm/s)	PERMEABILIDADE APÓS COMPACTAÇÃO (cm/s)
SOLO	LATOS-SOLO ROXO	5,0		(ENSAIO DE LAB.) $K_{SL} = 1,1 \times 10^{-3}$ $3,6 \times 10^{-4}$	$\overline{K}_{MÉDIO} = 3,4 \times 10^{-6}$ $\overline{K}_{MÉDIO} = 3,5 \times 10^{-6}$
	ZONA DE TRANSIÇÃO	~10,0		$K_{ZT} = 1,0 - 3,6 \times 10^{-4}$	
ROCHA DECOMPOSTA	ZONA NSATURADA	~26,0	VALA CLASSE I  1. Mantas (2) impermeáveis c/ sist. de remoção de percolado. 2. Camada de argila compactada (1m)	(ENSAIO "IN SITU") $K_{RD} = 1,2 - 8,0 \times 10^{-6}$	
	N.A. / ZONA SATURADA				
ROCHA Sã	SUITE BÁSICA	~38,5	VALA CLASSE II 1. Camada de argila compactada (1m)	P = TOTAL (Ensaio de perda d'água sob pressão)	

FIGURA 15 : Características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas da área do projeto (modificado de JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. I, p. 78).

Como já mencionado, em resposta a uma solicitação do Daia, o Departamento de Geologia Aplicada da Unesp emitiu um Parecer Técnico (COTTAS, 1993), no qual constam as seguintes conclusões, de uma primeira fase de análise da geologia:

- não foram realizados estudos geológicos suficientes para garantir a melhor definição da adequabilidade do local escolhido;
- a análise geológica regional iniciou-se corretamente, quando foi selecionada a faixa de afloramentos do Grupo Passa Dois para a implantação do aterro, porém, nesta faixa devem ser consideradas áreas de risco locais relacionadas aos corpos rochosos intrusivos de diabásio. Estas rochas, freqüentemente bastante fraturadas, constituem bons aquíferos, porém vulneráveis à poluição, em razão da alta dispersão de poluentes que caracteriza os meios fraturados. Em vista deste quadro, devem ser realizados estudos de geologia que permitam definir com maior precisão as características hidrogeológicas, bem como relações estratigráficas

e estruturais destes corpos de diabásio. Tais estudos não constam do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) apresentado;

- a partir dos estudos geológicos, deve ser caracterizado não só o local do empreendimento, mas também as áreas adjacentes de influência geológica, entendendo-se como área de influência, as partes próximas dos corpos rochosos que mantêm relações estratigráficas e estruturais com as rochas do local do aterro, o que não consta no EIA;

- observou-se que foram apresentados dois mapas geológicos, nas escalas 1:100.000 e 1:2.500, este abrangendo apenas a área do empreendimento, e apresentando apenas uma linha de contato inferido;

- com relação à geologia de subsuperfície, os estudos também foram bastante incompletos, pois os perfis geológicos foram finalizados no topo da rocha sã, considerando apenas a cobertura de materiais inconsolidados.

A partir desta análise, concluiu-se que havia necessidade da realização dos seguintes levantamentos:

- a) mapeamento geológico na escala 1:10.000, da área selecionada e da área de influência geológica, constando discussão detalhada de todos os tipos de estruturas geológicas observadas;

- b) levantamentos de todos os afloramentos naturais de água subterrânea e poços rasos que ocorreriam na área de influência, com descrição do comportamento de fluxo d'água nas fontes e oscilação do nível freático nos poços;

- c) realização de campanha de geofísica de eletrorresistividade, com sondagens elétricas e caminhamento elétrico, para comprovação do comportamento hidrogeológico dos corpos rochosos envolvidos e das relações estruturais destes corpos em subsuperfície; e

- d) elaboração de perfis geológicos que demonstrassem o comportamento estratigráfico e estrutural dos corpos rochosos que ocorrem na área do mapa geológico, na escala 1:10.000.

A partir da análise preliminar do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) e baseado no Parecer Técnico da Unesp (COTTAS, 1993), o Daia solicitou ao empreendedor informações complementares, uma vez que os levantamentos efetuados até então, principalmente no que se referia aos aspectos geológicos e hidrogeológicos, não tinham sido suficientes para a caracterização adequada da área.

Foram elaboradas, numa segunda etapa, as seguintes complementações:

- ampliação da abrangência de mapeamento geológico, de forma que fosse contemplada toda a sub-bacia em que estava inserida a área selecionada;
- levantamento de todos os poços e afloramentos de águas naturais existentes na área citada; e
- realização de ensaios de condutividade elétrica, por indução eletromagnética, em 70 pontos distribuídos por toda a área considerada, sendo que, em cada um dos pontos foram feitas medidas correspondentes a profundidades efetivas de investigação de 3, 4, 6, 7, 15, 30 e 60 m.

Desenvolveu-se, ainda, um novo mapeamento geológico expedito que consistiu em trabalhos complementares de reconhecimento de campo e levantamentos de dados e informações bibliográficas, com objetivo principal da elaboração de um mapa geológico na escala 1:10.000, no qual foram apresentadas as litologias e estruturas presentes. A metodologia e os trabalhos realizados, para a elaboração do mapa, foram os seguintes:

- definição dos limites do mapeamento e do plano de trabalho;
  - pesquisa bibliográfica;
  - análise de fotos aéreas;
  - reconhecimento expedito de campo, visando o levantamento de informações geológicas de superfície, tais como afloramentos, contatos litológicos, estruturas, perfis de solo, etc.;
  - elaboração e ajuste de base cartográfica, na escala 1:10.000, para a elaboração do mapa geológico;
  - integração e compatibilização do conjunto de informações bibliográficas, fotogeológicas, de sondagens, de ensaios e de reconhecimento geológico de campo;
  - elaboração do mapa geológico da área de influência e das seções geológicas;
- e
- elaboração do relatório técnico correspondente.

Conforme avaliação apresentada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), os aspectos geológicos e pedológicos da área estudada encontravam-se bastante mascarados pela ação antrópica, destacando-se o intenso cultivo de cana-de-açúcar, fato que dificultou a investigação e obrigou a utilização dos seguintes procedimentos alternativos:

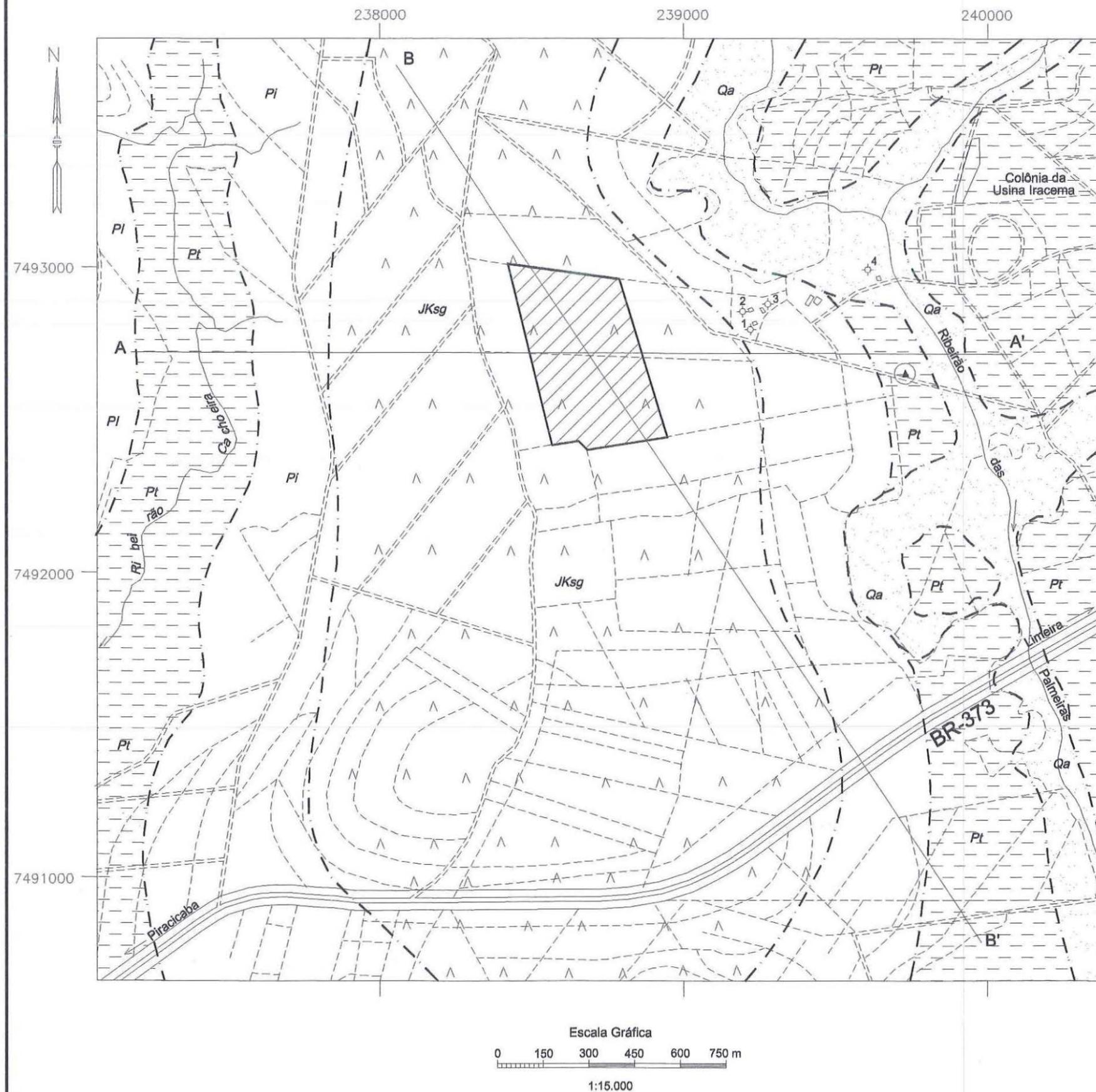
a) características fotogeológicas: nas fotos analisadas, a identificação de contatos e lineações deu-se a partir de diferenças de tonalidade e textura, ou utilizando-se as denominadas “quebras negativas” do relevo, uma vez que a intensa atividade antrópica desenvolvida na área torna as texturas fotográficas das unidades geológicas por vezes muito semelhantes; e

b) aspectos pedológicos: em razão da quase inexistência de afloramentos rochosos e do espesso manto de alteração presente, também foram utilizadas as informações sobre solos para a elaboração do mapa geológico, uma vez que se avaliou que correlações entre a rocha original e o solo resultante eram bastante confiáveis. Apesar disso, a distinção entre o solo proveniente da alteração da Formação Irati e dos diabásios apresentou muitas dificuldades, em razão de seu alto grau de maturidade.

A partir dos levantamentos efetuados, foi elaborado o Mapa Geológico da Área de Influência, apresentado na FIGURA 16.

Com relação à elaboração do mapa, as conclusões foram as seguintes:

- os contatos entre determinadas formações foram de difícil definição, quando não haviam reflexos na topografia;
- existiam indícios de que entre Piracicaba e Iracemápolis, tenha ocorrido, em época relativamente recente, um ciclo erosivo intenso, que quase nivelou as litologias menos resistentes. Localmente o diabásio e os sedimentos foram parcialmente arrasados, com os materiais se confundindo num espesso manto de alteração;
- as litologias do Grupo Tubarão afloram em vastas áreas, nas proximidades de Piracicaba, e a Formação Tatuí, em particular, apresenta afloramentos expostos ao longo do ribeirão Cachoeira, em razão da erosão intensa que atuou sobre os estratos sotopostos;
- na área identificou-se a Formação Tatuí ocupando os níveis topográficos mais baixos, associados às calhas dos ribeirões Cachoeira e das Palmeiras;
- o contato entre a Formação Tatuí e a parte inferior da Formação Irati encontra-se parcialmente mascarado, em razão do alto grau de maturidade do solo;
- é freqüente a ocorrência, na região, de corpos de diabásio injetados em sedimentos permianos, sendo uma parte considerável destes dispostos concordantemente com estes sedimentos que, devido à sua maior resistência à erosão, sustentam parte das elevações regionais;



**LITOLOGIAS**  
**DEPÓSITOS RECENTES**

**Qa** - Sedimentos aluvionares: areia, silte, argilas

**JKsg** - Formação Serra Geral: soleiras de diabásio (sill)

**Pi** - Folhelho, siltitos e calcários

**GRUPO TUBARÃO**  
**Pt** - Formação Tatuí: siltitos, arenitos lamífticos e raras lentes de calcário

**CONVENÇÕES**

- Contato litológico
- Rodovia pavimentada
- Estrada de terra
- Carreadores, trilhos
- Drenagem
- Construções
- Poço raso
- Evidência de afloramentos de água subterrânea (intermitente)
- Área prevista para a central de resíduos
- Seção geológica

**PLANTA DE LOCALIZAÇÃO**

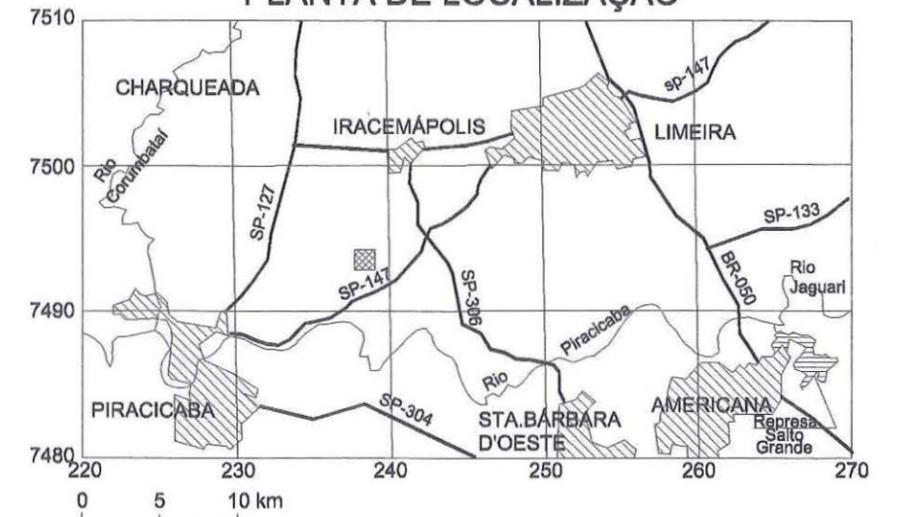


FIGURA 16 - Mapa geológico da área de influência

- o *sill* de diabásio, identificado na área, ocupa o divisor de águas entre os ribeirões Cachoeira e das Palmeiras;
- o posicionamento do *sill* recobrimdo a Formação Irati é coerente, uma vez que é comum a ocorrência de intrusões entre esta Formação e os níveis superiores do Grupo Passa Dois; e
- as sondagens realizadas comprovaram o posicionamento da camada de diabásio sobreposta às rochas sedimentares, classificadas como pertencentes à Formação Irati; a espessura estimada do *sill* de diabásio foi de 40 m.

No Apêndice 1, são apresentados três boletins de sondagem que segundo avaliação do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), representam os perfis típicos da área

Quanto ao comportamento estrutural, foram apresentadas as seguintes considerações principais:

- no âmbito regional, as principais estruturas existentes são as relacionadas no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), pois que não se tinha conhecimento, na bibliografia e nos trabalhos realizados, de nenhuma estrutura de importância que atravessasse a área de mapeamento;
- foram identificados sistemas de diáclases que ocorreram tanto nos níveis sedimentares, como nas intrusões de diabásio;
- o diaclasamento observado nos corpos de diabásio, em geral, eram sub-verticais; e
- esse diaclasamento provavelmente estava relacionado à intensificação dos processos de alteração atuantes no contato solo residual-rocha sã.

Quanto às surgências naturais de água, informou-se que foi realizado levantamento no final de julho de 1992, portanto numa época seca, não tendo sido identificado nenhum ponto de surgência.

A partir de todos os dados levantados, também foram elaboradas duas seções geológicas esquemáticas, apresentadas nas FIGURAS 17 e 18.

Foram também realizadas, como já citado, investigações geofísicas por meio de Sondagens Elétricas Verticais (SEV), obtidas por método de indução eletromagnética, tendo sido medidas, em 70 pontos, as condutividades elétricas em diferentes profundidades (3, 4, 6, 7, 15, 30, e 60 m).

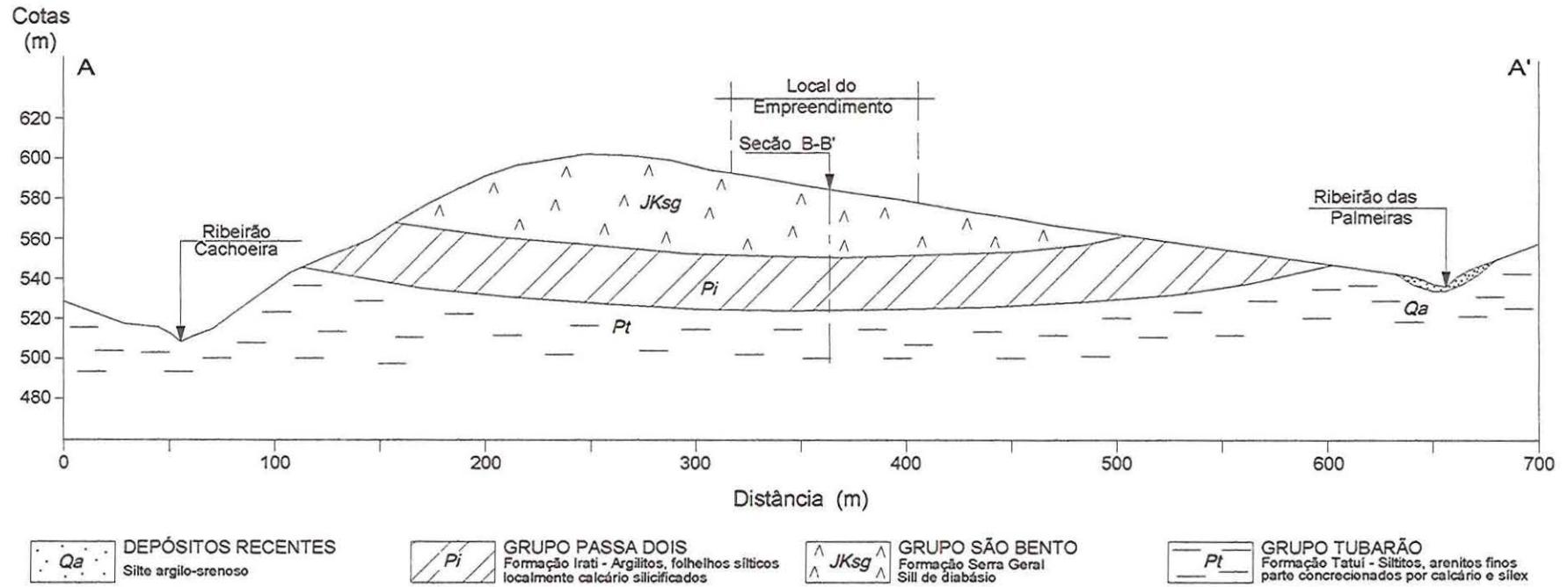


FIGURA 17 – Seção geológica esquemática A-A' (JAAKKO PÖYRY, 1993, p.29).

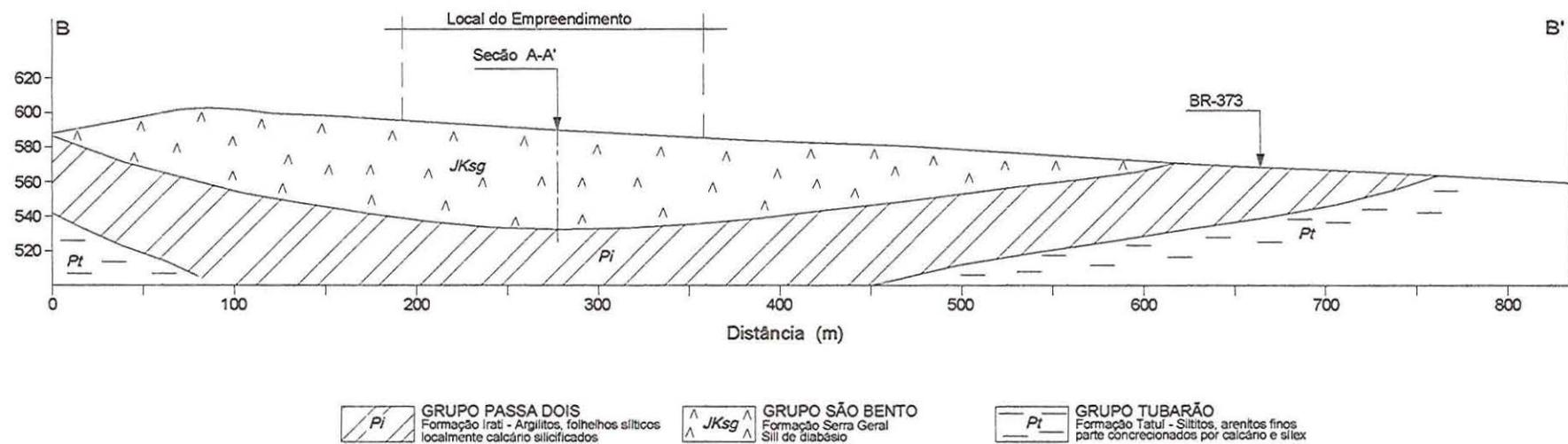


FIGURA 18 – Seção geológica esquemática B-B' (JAAKKO PÖYRY, 1993, p.29).

A partir desses levantamentos, foram apresentados os seguintes comentários e conclusões:

- a área de abrangência da investigação foi definida com o objetivo de comprovar o comportamento hidrogeológico e as relações das unidades geológicas na área de influência do empreendimento, considerada como a sub-bacia do ribeirão das Palmeiras;
- para aferição dos dados obtidos, foram consideradas as informações resultantes das sondagens e dos ensaios geotécnicos;
- nas partes mais altas da área investigada, acima das cotas de referência de 80 m, o lençol freático encontrava-se a profundidades médias superiores a 25 m;
- nos níveis topográficos de cota 50 m, que correspondem às partes próximas à várzea do ribeirão das Palmeiras, o nível d'água encontrava-se a uma profundidade média de 3 m;
- nos níveis topográficos de 70 e 60 m, a zona saturada se encontrava na faixa de profundidade de 20 a 10 m;
- o topo rochoso de diabásio encontrava-se mais próximo da superfície (em torno de 10 m), junto à borda oeste da área do aterro;
- para profundidades de investigação de 60 m, os valores de condutividade e sua variabilidade, indicaram a presença de rocha sã, provavelmente de origem sedimentar (Formação Irati ou pré-Irati);
- com a análise global dos dados obtidos, não foram detectadas descontinuidades importantes (falhas) ou contatos geológicos verticalizados na área investigada;
- e
- em termos gerais, o modelo geológico resultante dessas investigações é bastante concordante com o modelo proposto anteriormente.

#### **7.4.4.4 Parecer Técnico do Instituto de Geociências da USP**

A partir de solicitação do Daia, também foi efetuada uma análise por parte do Instituto de Geociências da USP (RICCOMINI, 1994), voltada à avaliação das condições geológicas locais, principalmente para a caracterização das condicionantes litológicas e estruturais. A base para a avaliação foi o mapa geológico da área de influência do aterro, na escala 1:10.000.

A partir de uma caracterização geológica regional, concluiu-se que a área apresenta maior complexidade, quando comparada a outras porções da Bacia Sedimentar do Paraná.

Os mapas geológicos disponíveis, em escala de semi-detalle e regional, não forneceram uma base pormenorizada ao nível local, necessária à avaliação da área do projeto.

No mapa geológico da área de influência, na escala 1:10.000, em tese adequada para o tipo de avaliação efetuada, não foi assinalada qualquer estrutura geológica (falhas, juntas, dobras), apresentando também alguns problemas de cartografia das diferentes unidades estratigráficas, comentados mais à frente.

As condicionantes litológicas identificadas foram os seguintes:

- a área selecionada para a instalação do aterro está localizada no domínio dos diabásios da Formação Serra Geral, de idade cretácia inferior;
- quando alteradas, as rochas desta unidade são isotrópicas, equigranulares, com granulação média a fina, exibindo coloração preta-esverdeada;
- pela sua posição estratigráfica, os diabásios compõem uma intrusão do tipo *sill*, encaixado em rochas da Formação Irati, sendo esta situação muito comum em toda borda leste da Bacia do Paraná;
- neste tipo de estruturas, é comum o desenvolvimento de fraturas de resfriamento com espaçamento médio (cerca de uma a dez fraturas por metro), ortogonais às paredes de contato, com padrão poliedral, que isolam blocos prismáticos;
- devido ao estado de alteração dos diabásios, não é possível a verificação do padrão de fraturamento presente;
- subjacentes ao diabásio, foram cartografados sedimentos das Formações Irati e Tatuí que, pelas suas constituições litológicas, não se constituem em camadas eficazes para impedir a percolação de líquidos; e
- no mapa geológico, na porção situada a leste do ribeirão das Palmeiras, são cartografados sedimentos pertencentes unicamente à Formação Tatuí, porém durante inspeção de campo, foi possível verificar a presença das Formações Corumbataí, nas porções de topo, acima de 565-570 m, Irati na faixa intermediária, entre 565-570 e 550 m, ocorrendo a Formação Tatuí somente abaixo de 550 m. Esta situação estratigráfica permitiu inferir a existência de uma falha com componente normal, onde o bloco baixo é aquele situado a leste do ribeirão das Palmeiras.

Apesar da identificação das estruturas tectônicas na área de interesse ser

extremamente dificultada pela intensa alteração das rochas, as condicionantes estruturais identificados foram as seguintes:

- apenas em um corte situado junto à estrada de acesso, foi observada a presença de famílias de fraturas, aparentemente abertas, que merecem investigação mais detalhada; e

- a presença dessas estruturas, aliada ao notável alinhamento do ribeirão das Palmeiras, parece confirmar a existência de falha ao longo deste ribeirão.

As conclusões e recomendações foram as seguintes:

- o intenso intemperismo que atuou sobre as rochas básicas da Formação Serra Geral não permite a observação do padrão de estruturas associadas ao resfriamento do basalto, nem das estruturas tectônicas posteriores, certamente presentes na área;

- o mapa geológico apresenta imperfeições, tanto na identificação das litologias presentes na área, quanto na falta de incorporação de estruturas tectônicas em nível de detalhe compatível com a escala 1:10.000. Deveriam também ter sido definidos os esforços geradores dessas estruturas e suas relações com feições tectônicas regionais; e

- uma melhor avaliação das condições estruturais da área prevista para implantação do aterro, deveria ser efetuada através do acompanhamento das escavações, cadastramento e análise de dados de fraturamento. A partir destes dados, poderia ser necessária a alteração do projeto, para incorporação das medidas corretivas necessárias, ou até mesmo o estudo de área alternativa, se as condições geológicas fossem impeditivas à instalação do empreendimento.

#### **7.4.4.5 Parecer Técnico do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp**

A partir da avaliação das informações complementares apresentadas, o Departamento de Geologia Aplicada da Unesp emitiu novo Parecer (COTTAS, 1993), indicando que as informações ainda não eram suficientes para o esclarecimento da geologia da área de influência definida para o aterro.

A principal crítica referiu-se à não abordagem, pelas complementações ao EIA (JAAKKO PÖYRY, 1993), do aspecto considerado como mais importante para o empreendimento, ou seja, o comportamento estrutural das formações ali presentes.

Em adição à avaliação apresentada, foi elaborada uma análise geológico-

estrutural em fotos aéreas, através das quais identificou-se que a área apresentava intenso sistema de juntas e falhas. A partir desta análise, concluiu-se que a área mostrava fortes evidências de inadequabilidade do local para as finalidades pretendidas, uma vez que foi observada a existência de uma tectônica rúptil compressiva muito intensa, que deu origem a quatro principais sistemas de fraturamentos, composto por falhas e juntas, que apresentavam as seguintes direções aproximadas:

- N40E, formando um *trend* estrutural de largura em torno de 1,3 km, composto de estruturas abertas que deram origem a *semi-grabens*;
- N50E e N10W, estas duas constituindo-se em falhas transcorrentes, fechadas ou preenchidas, que formavam um sistema conjugado de rompimento, cuja bissetriz é a direção do esforço compressivo maior. Estas duas direções formam cunhas que representam altos estruturais intensamente fraturados; e
- N45W, representando falhas inversas de baixo ângulo e direção de maior encurtamento crustal.

Conforme avaliação do Parecer, a área abrangida pelo feixe N40E constituía-se na mais vulnerável, em termos de poluição de aquíferos, por representar a maior zona de recarga e de circulação de água subterrânea na área considerada, sendo que o local destinado ao aterro encontra-se inserido nessa área bastante vulnerável.

Como conclusão final, segundo o Parecer, não foram esclarecidas as reais condições geológicas do local do empreendimento e, levando-se em conta as evidências de inadequabilidade da área para o empreendimento proposto, houve uma manifestação contrária à aprovação do EIA.

Com relação às conclusões apresentadas no Parecer da Unesp (op. cit.), foram feitas as seguintes considerações no Parecer do Daia (SMA, 1995):

- do intenso intemperismo que atuou na área em análise, resultou a formação de um espesso manto de alteração, assim, as estruturas geológicas que funcionam na rocha são como caminhos preferenciais de percolação de água subterrânea, também foram alteradas, não tendo sido verificado pela análise dos dados apresentados e pelas observações de campo, que essas estruturas sejam penetrantes nesse manto de alteração;
- não foi considerado na análise os fatores de retardamento e dispersão atuantes na migração dos contaminantes através do solo, tanto nos níveis saturados como insaturados; tendo sido determinado também um déficit hídrico anual de 96 mm e percolação profunda de 20

mm ao ano;

- não foi discutida a dinâmica hidrogeológica local, pois caso os contaminantes atinjam o lençol freático, sua movimentação tende a ser condicionada pela dinâmica da água subterrânea local, sendo esperado que os contaminantes se direcionem ao ribeirão das Palmeiras, conforme mapa potenciométrico apresentado mais à frente;

- não foram considerados os usos da água subterrânea na área de influência do empreendimento, e a possibilidade de restrições destes usos; e

- não foram levados em conta os aspectos do ante-projeto apresentado, no qual tem-se sistemas bastante complexos de impermeabilização do substrato das valas.

#### 7.4.5 Solos

Para a caracterização dos solos da região, foram utilizados os levantamentos executados pelo I.A.C. na escala 1:100.000. As classes identificadas foram as seguintes:

- latossolos;
- podzólicos;
- terra roxa estruturada;
- solos litólicos;
- arcias quartzosas; e
- solos hidromórficos.

A área de intervenção encontra-se recoberta por latossolos roxos, formados a partir da alteração de diabásios e basaltos, apresentando acentuada homogeneidade vertical.

A cor predominante no horizonte B é avermelhada escura e no horizonte A, ligeiramente mais escura, sendo que o uso agrícola da área destruiu a estrutura original deste solo.

Na TABELA 10 é apresentada a classificação granulométrica das amostras de solo na área de intervenção.

**TABELA 10: Classificação granulométrica das amostras de solo (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. I, p. 154)**

Classificação	SP-04			SP-05			SP-07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Amostras	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Argila	60	56	42	59	52	32	60	49	34
Silte	13	18	30	14	24	41	14	30	36
areia fina	25	24	27	25	22	24	25	20	28
Areia	2	2	1	2	2	3	1	1	2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Também foram realizados ensaios para determinação dos limites de plasticidade (LP) e de liquidez (LL). Os resultados obtidos encontram-se na TABELA 11.

**TABELA 11: Limites de Liquidez e Plasticidade (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. I, p. 155).**

	SP-04			SP-05			SP-07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
LL	44,2	47,5	52,8	40,9	51,1	57,8	40,6	57,5	55,9
LP	27,1	30,3	37,6	27,7	37,0	39,0	31,3	36,1	36,7
IP	17,1	17,2	15,2	13,2	14,1	18,8	9,5	21,4	19,2
Classe	A-7-6	A-7-5	A-7-5	A-7-6	A-7-5	A-7-5	A-4	A-7-5	A-7-5

Foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que os resultados obtidos indicam, em geral, solos com boa estabilidade quando devidamente compactados (Classe A-7) e com boa capacidade para aterros (Classe A-4).

Também foram realizados ensaios de infiltração “in situ” e em laboratório. No campo, foram realizadas sondagens especiais, com revestimento dos furos até a profundidade dos testes.

Nos ensaios de laboratório, as amostras indeformadas utilizadas, que se constituíram em blocos de 30x30x30 cm, foram retiradas de dois poços de pesquisa com aproximadamente 1 m de diâmetro e 11 m de profundidade.

Os dados dos ensaios “in situ” foram analisados e comparados com os de laboratório e os resultados foram considerados válidos. Na TABELA 12, são apresentados os resultados obtidos.

**TABELA 12: Coeficientes de permeabilidade (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. I, p. 156).**

Profundidade (m)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	
5,00 - 5,50	$3,9 \times 10^{-4}$	
9,50 - 10,50	$2,8 \times 10^{-7}$	
12,00 - 13,00	$3,3 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-4}$
14,50 - 15,50	$2,0 \times 10^{-6}$	
17,00 - 18,00	$8,1 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-6}$
19,50 - 20,50	$1,2 \times 10^{-6}$	
22,00 - 23,00	$5,1 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$

Segundo avaliação sobre este item, constante do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), os valores obtidos nos ensaios de infiltração são compatíveis com a textura do material amostrado. As camadas superiores do latossolo apresentam porosidade ao redor de 50%, diminuindo em profundidade, o que é evidenciado pela diminuição dos valores de permeabilidade (da ordem de  $10^{-6}$  cm/s).

Também foram realizados ensaios de infiltração em amostras diferenciadas, com 100% do proctor normal, obtendo-se os resultados apresentados na TABELA 13:

**TABELA 13: Resultados dos ensaios de infiltração em amostras compactadas a 100% do proctor normal (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. I, p. 156).**

	SP-04	SP-05	SP-07
Amostra 1	$6,5 \times 10^{-7}$ cm/s	$1,0 \times 10^{-6}$ cm/s	$8,5 \times 10^{-6}$ cm/s
Amostra 2	$4,0 \times 10^{-7}$ cm/s	$1,1 \times 10^{-6}$ cm/s	$9,1 \times 10^{-6}$ cm/s

## 7.4.6 Hidrogeologia

### 7.4.6.1 Hidrogeologia regional

Os sistemas aquíferos, que ocorrem na região da bacia do Piracicaba, foram delimitados no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), basicamente em função dos limites das unidades geológicas ali presentes, tendo sido reconhecidos três sistemas de importância regional: Tubarão, Passa Dois e Botucatu-Pirambóia, cuja distribuição é apresentada na FIGURA 19.

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) avaliou-se que os aquíferos, associados aos diabásios, têm importância localizada, e estão inseridos sobretudo nos sedimentos do Grupo Tubarão.

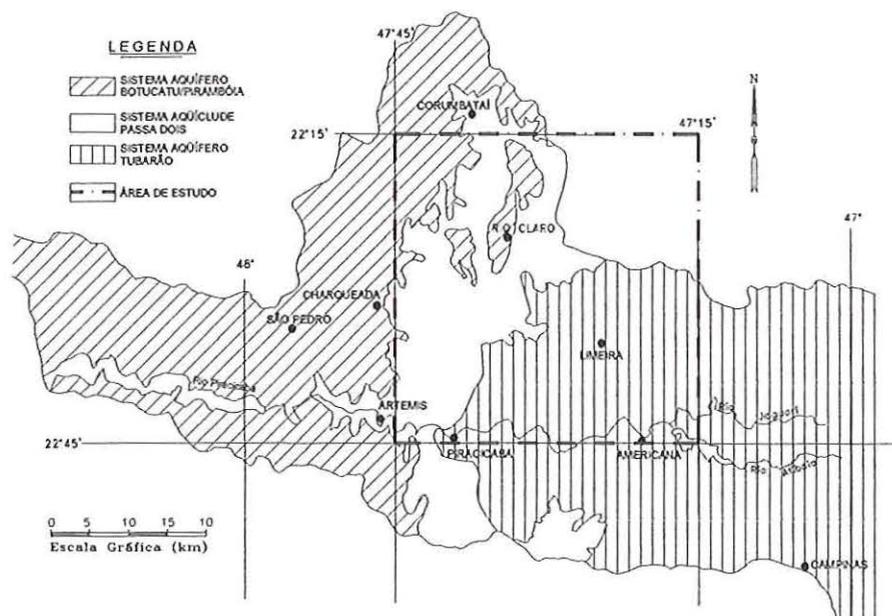


FIGURA 19 – Principais sistemas aquíferos da região (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. I, p. 173)

Segundo o EIA (op. cit.), tais sistemas aquíferos citados acima têm importância regional, sobretudo por representarem as principais reservas de água subterrânea no âmbito do médio e baixo cursos do rio Tietê, em região de ocorrência de grandes cidades que se constituem em importante eixo de desenvolvimento industrial e agrícola do Estado. Porém, a utilização da água subterrânea no âmbito da bacia corresponde a apenas 3% do consumo total.

A seguir, serão descritas as principais características dos referidos sistemas.

### Sistema Aquífero Tubarão

De acordo com o EIA (op. cit.), este sistema aflora na porção leste da região considerada (FIGURA 19), sobreposto às rochas do embasamento cristalino. Constitui-se dos sedimentos das Formações Itararé, Aquidauana e Tatuí, as quais são recortadas por intrusões de diabásio, que interrompem localmente sua continuidade. Sua espessura varia entre 0 e 400 m nas áreas de afloramento, podendo atingir até 1300 m nas áreas de confinamento (oeste). Em grandes áreas, este sistema é recoberto por sedimentos cenozóicos.

Suas características hidrogeológicas são de extrema heterogeneidade e anisotropia hidráulica, uma vez que são condicionadas pela variabilidade litológica espacial e

pelas descontinuidades laterais.

Seus parâmetros hidráulicos principais são os seguintes:

- capacidade específica: 0,002 a 7,5 m<sup>3</sup>/h/m
- transmissividade: 0,012 a 1,70 m<sup>3</sup>/h/m
- condutividade hidráulica:  $8,00 \times 10^{-5}$  a  $2,9 \times 10^{-2}$  m/h

Conforme avaliação efetuada no EIA (op. cit.), estes dados denotam condições extremas de anisotropia hidráulica do sistema aquífero.

Dentre as formações constituintes deste sistema, a Formação Itararé, comparativamente à Formação Tatuí, apresenta condições hidráulicas relativamente superiores.

No EIA (op. cit.) avaliou-se que as áreas de ocorrência dos calcários, bancos de arenitos e zonas de fraturamento dos sedimentos são as de maior vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea.

### **Sistema Aquífero Passa Dois**

A área de afloramento deste sistema está na porção central da região estudada FIGURA 19, definida por uma faixa estreita orientada no sentido norte-sul. Encontra-se sobreposto aos sedimentos que compõem o Sistema Aquífero Tubarão, promovem o confinamento deste último.

Constituí-se dos sedimentos das Formações Irati e Corumbataí, com espessuras que podem atingir até 250 m, porém o sistema não apresenta comportamento espacial uniforme. Estende-se lateralmente para oeste, constituindo o substrato impermeável do Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia.

No EIA (op. cit.) com base nos dados levantados, avaliou-se que suas características hidráulicas são pobres e extremamente variáveis, estando as principais zonas de armazenamento relacionadas aos bancos de arenitos, aos corpos calcários ou às zonas fraturadas relacionadas a lineamentos estruturais.

Quanto à qualidade da água, este sistema apresenta salinidade superior, quando comparado ao Botucatu/Pirambóia e Tubarão e, ainda, teores ligeiramente elevados de alguns componentes principais, ligeiramente elevados em relação aos padrões de potabilidade.

Seus parâmetros hidráulicos principais são os seguintes:

- capacidade específica: 0,05 a 1,25 m<sup>3</sup>/h/m

- transmissividade: inferior a  $0,40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$

No EIA (op. cit.), este sistema foi classificado como um aquícluído devido a apresentar, regionalmente, zonas aquíferas localizadas, relacionadas a bancos de arenitos e corpos calcários de baixa produtividade. Dessa forma, é considerado como uma unidade aquífera com relativas condições de armazenamento e com limitadas condições hidráulicas, de transmissão e percolação.

### **Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia**

Este sistema ocupa a porção oeste da bacia, encontrando-se sobreposto aos sedimentos do Aquífero Passa Dois que, conforme já mencionado, representam um estrato impermeável, regionalmente.

Apesar de se constituir na unidade de melhor potencial hídrico da região, em sua área de afloramento ocorre um restrito desenvolvimento urbano e industrial, conforme o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992).

Constituí-se de arenitos fluviais da Formação Pirambóia e eólicos da Formação Botucatu, apresentando amplas áreas de afloramento na região, prevalecendo a Formação Pirambóia. Sua espessura pode atingir até 200 m e, localmente, pode estar recoberto por sedimentos cenozóicos.

Suas características espaciais locais são de aquífero livre, com parâmetros hidráulicos altos e condições de ampla isotropia.

Seus parâmetros hidráulicos principais são os seguintes:

- Capacidade Específica: valores da ordem de  $4,00 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- Transmissividade:  $3,00$  a  $8,00 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- Condutividade Hidráulica:  $2,00 \times 10^{-2}$  a  $6,00 \times 10^{-2} \text{ m}/\text{h}$

Os valores mais baixos dos parâmetros hidráulicos sempre se referem à Formação Pirambóia.

Deve-se observar que em razão da área selecionada ter sido locada sobre rochas intrusivas básicas, o comportamento regional dessas rochas em relação ao armazenamento e percolação da água subterrânea, bem como suas relações com outros sistemas aquíferos, deveriam ter sido avaliados no EIA, uma vez que este comportamento também se reflete no comportamento de possíveis contaminantes que percolem por essas rochas.

### 7.4.6.2 Hidrogeologia da área de intervenção

Segundo a caracterização hidrogeológica realizada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), na área do empreendimento ocorrem o Sistema Aquífero Passa Dois associado ao Sistema Aquífero Diabásio.

Conforme já mencionado, o Aquífero Passa Dois apresenta, regionalmente, zonas aquíferas localizadas, armazenando água tanto por porosidade quanto por fissuras, dependendo da litologia e situação estrutural local, com distribuição espacial muito pouco uniforme.

O aquífero associado ao Diabásio relaciona-se ao fraturamento existente nestes corpos rochosos, conforme já descrito, caracterizando-se regionalmente como de distribuição localizada, descontínua e heterogênea.

Foram realizados ensaios “*in situ*” e de laboratório, em amostras deformadas e indeformadas, coletadas durante a investigação. As análises realizadas foram as seguintes:

- Granulometria;
- ensaios de liquidez e plasticidade;
- determinação de coeficientes de permeabilidade (natural e compactado); e
- ensaios de perda d’água sob pressão.

A partir destes ensaios, em conjunto com o modelo geológico definido para a área e dados de profundidade do n.a. e topo rochoso, foram definidas as principais características hidrogeológicas da área de interesse do projeto, tendo sido apresentado o seguinte quadro hidrogeológico (FIGURA 15):

- unidade superficial: representada por latossolo roxo, com espessura média de 10 m;
- unidade intermediária: constituída de rocha decomposta argilizada, com espessura média em torno de 28 m. Nesta unidade, foi encontrado o nível freático a 26 m de profundidade em média; e
- unidade inferior: representada pela rocha sã (diabásio ou rocha sedimentar), com topo de rocha fraturada ou cisalhada, a profundidade média de 38,5 m.

Conforme pode-se deduzir, a zona insaturada entre a base do latossolo roxo e o n.a., tem espessura média de 16 m.

Observa-se que não foi esclarecido, no EIA, se na unidade intermediária,

constituída de rocha decomposta, as estruturas encontradas na rocha são encontradas preservadas, sendo esta informação bastante importante, pois estas estruturas, na rocha são, constituem-se em caminhos preferenciais de fluxo da água subterrânea, conforme será descrito posteriormente.

Observou-se, neste ponto do EIA (op. cit.), que as valas para disposição de resíduos teriam 5 e 10 m de profundidade, respectivamente para resíduos Classe I e Classe II e, portanto, seriam escavadas exclusivamente no horizonte superficial do solo, caracterizado como latossolo roxo.

Os coeficientes de permeabilidade determinados nos ensaios realizados foram os seguintes:

**TABELA 14: Coeficientes de permeabilidade (“in situ” e em laboratório) - (JAAKKO PÖYRY, 1992, Vol. I, p. 176).**

Unidade Geológica	Permeabilidade em laboratório (cm/s)	Ensaio “in situ” (cm/s)
latossolo roxo	$1,1 \times 10^{-3}$	-
Solo	$3,6 \times 10^{-4}$	-
zona de transição	$1,0 \text{ a } 3,6 \times 10^{-4}$	-
rocha decomposta (zona insaturada)	-	$1,2 \text{ a } 8,0 \times 10^{-6}$

Para a determinação do coeficiente de permeabilidade do latossolo roxo compactado, uma vez que este solo seria utilizado para impermeabilização do fundo e das laterais das valas, foram realizados ensaios em amostras retiradas de sondagens, sendo que a 100% do Proctor Normal a permeabilidade atingiu valores mínimos de  $3,5 \times 10^{-6}$  cm/s, acima, portanto, dos valores previstos em projeto, da ordem de  $1,0 \times 10^{-7}$  cm/s.

Conforme o Parecer Técnico da Escola Politécnica da USP (MELLO, 1994), a adição de pequena porcentagem em volume (1 a 3%) de bentonita, já seria suficiente para reduzir a permeabilidade para os valores determinados em projeto.

Também foram realizados testes de perda d’água sob pressão, no topo da rocha são, que resultaram em perda total, indicando o intenso fraturamento e/ou cisalhamento existente neste nível, o que foi confirmado pelas sondagens realizadas.

A partir dos dados de profundidade do n.a., obtidos nos diversos pontos de sondagem, foi elaborado o mapa da superfície piezométrica do lençol freático (FIGURA 20), e dele foi determinado, o sentido preferencial de fluxo da água subterrânea.

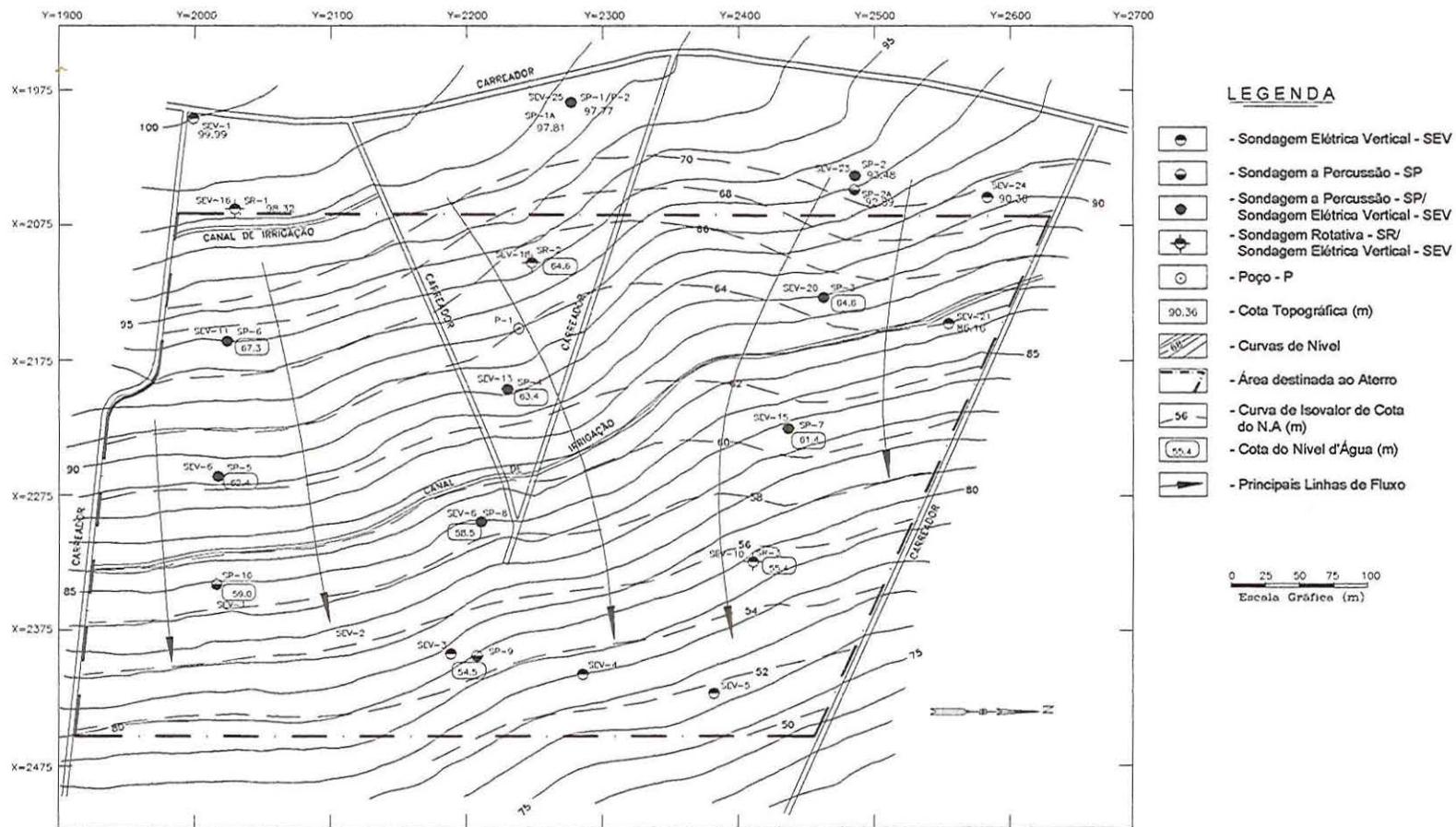


FIGURA 20 – Mapa potenciométrico com sentido preferencial de fluxo da água subterrânea (JAAKKO PÖYRY, 1992, vol. I, p. 179).

Conforme pode ser verificado, através do mapa elaborado, o fluxo da água subterrânea segue orientação aproximada NE, no sentido do ribeirão das Palmeiras, em acordo com a configuração topográfica da área.

## **7.5 Considerações sobre o Diagnóstico Ambiental**

Tratando-se mais especificamente das questões relativas à caracterização geológica e hidrogeológica da área, verifica-se que num primeiro momento não foi caracterizada a área de influência direta, entendida como, no mínimo, a sub-bacia do ribeirão das Palmeiras.

Deve-se observar que no Termo de Referência do EIA, a escala de trabalho selecionada para a caracterização da área do aterro foi de 1:1000. Dessa forma, os estudos locais não compreenderiam a referida sub-bacia do ribeirão das Palmeiras.

Outro equívoco referente à caracterização geológica, foi a interpretação de que, sob a área selecionada para o aterro, ocorriam rochas da Formação Irati e outras denominadas pré-Irati (FIGURA 14), o que foi posteriormente corrigido, após o pedido de informações complementares.

Deve-se observar, porém, que mesmo após a caracterização geológica mais abrangente, ainda restaram incertezas quanto à distribuição espacial e características principais das formações que ali ocorrem, além de não terem sido incorporadas as estruturas geológicas de expressão compatível com a escala 1:10.000, conforme destacado por RICCOMINI (1994). Dessa forma, apesar do grande número de investigações realizadas, restaram incertezas quanto à verdadeira situação estratigráfica e estrutural das formações ali presentes, conforme destacado por IPT (1994). Consequentemente, a dinâmica hidrogeológica local também não foi satisfatoriamente caracterizada, principalmente no que se refere aos aquíferos mais profundos, relacionados às rochas sedimentares das formações Irati, Tatuí, Corumbataí e Serra Geral, além dos superficiais, relacionados ao manto de alteração das rochas básicas e com os depósitos aluviais recentes.

## 8 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL - AIA

Neste capítulo, será feita uma síntese dos impactos ambientais identificados no EIA. Serão apresentados e discutidos não só os impactos relacionados ao meio físico, mas também aqueles relacionados aos meios biótico e socioeconômico, de forma que seja possível uma análise comparativa da relevância do meio físico, no contexto geral do processo de AIA.

A metodologia escolhida para avaliação dos impactos ambientais, no EIA, foi a matricial, sendo observado que na forma como apresentada, foi desenvolvida pela própria empresa consultora, Jaakko Pöyry Engenharia.

A escolha da metodologia foi justificada pelo fato que esta aplica-se bastante bem a empreendimentos localizados, inseridos em área com características ambientais bem definidas.

Para a identificação e análise dos impactos, inicialmente foram definidas e classificadas as ações decorrentes da implantação e operação do empreendimento, tendo sido estas ações distribuídas pelos seguintes temas:

- utilização de recursos naturais (RN);
- emissões de matéria ou energia (ME);
- intervenções no meio biofísico (IB); e
- intervenções no meio antrópico (MA).

Na seqüência, foram definidos e classificados os componentes ambientais e seus aspectos, entendendo-se como componente ambiental qualquer subdivisão de um dos meios, ou seja, físico, biótico ou antrópico, como aspecto, característica específica de um elemento deste meio.

Pode-se exemplificar com um componente do meio físico que pode ser um rio, sendo seus principais aspectos os seguintes:

- disponibilidade hídrica;
- capacidade de assimilação e diluição de efluentes;
- qualidade da água;
- regime fluvial;
- vida aquática, etc.

Estes aspectos ambientais foram classificados nos seguintes grupos:

a) Economia da Natureza (Recursos Naturais) - (EN)

Neste caso, a natureza foi considerada como fonte de matéria prima, sendo que os aspectos podem se relacionar a:

- disponibilidade do recurso; e
- capacidade de assimilação.

b) Qualidade ambiental (QA)

Refere-se, basicamente, a um conjunto de padrões relacionados a:

- qualidade do solo;
- qualidade da água;
- qualidade do ar;
- ruído de fundo;
- clima, etc.

c) Equilíbrio biofísico (EB)

Relacionado com os componentes ambientais formadores dos ecossistemas, quais sejam:

- cobertura vegetal;
- vida animal;
- vida aquática;
- regime fluvial (rio);
- regime de fluxo da água subterrânea (lençol freático);
- perfil de solos;
- topografia, etc.

d) Dinâmica antrópica (DA)

Refere-se aos aspectos ambientais ligados ao sistema social, tais como:

- dinâmica demográfica;
- dinâmica social;
- dinâmica econômica;
- dinâmica do espaço;
- aspectos culturais (Ex.: harmonia paisagística).

e) Equilíbrio Político-Institucional (PI)

Referem-se, por exemplo, a planos governamentais e restrições legais, como às referentes à legislação ambiental (Ex.: áreas de APA).

## 8.1 Definição dos Potenciais de Impacto das Ações do Empreendimento

Os potenciais de impacto das ações do empreendimento foram definidos a partir da utilização dos seguintes parâmetros:

- porte da ação;
- relação da ação com um determinado componente ambiental e
- avaliação das medidas mitigadoras intrínsecas ao projeto.

Seu potencial de impacto, que pode ser positivo ou negativo, foi classificado em:

- inexistente;
- nulo;
- baixo;
- médio e
- alto.

A seguir serão comentadas as principais ações previstas para o empreendimento e apresentados seus potenciais de impacto, conforme avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992).

### 8.1.1 Utilização de recursos naturais - RN

#### Apropriação do solo

- Uso do solo e subsolo em área rural

Conforme já mencionado, na fase de caracterização do empreendimento, a área total destinada ao empreendimento é de cerca de 20 ha, tendo sido avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que se trata de uma propriedade de médio porte na região e que portanto, a área apropriada é significativa quando se considera o contexto rural em que o empreendimento se insere.

Foi observado, porém, que a área a ser utilizada já se encontrava apropriada pelo empreendedor que a utiliza, para plantação de cana-de-açúcar. Neste ponto, foi observado que após a finalização do empreendimento a área deverá ser utilizada como pastagem.

Como conclusão, o potencial de impacto foi considerado médio sobre a

disponibilidade de terras.

### **Apropriação da capacidade de assimilação do meio ambiente**

#### **a) Apropriação da Capacidade de Diluição dos Recursos Hídricos Superficiais**

Este potencial de impacto refere-se à necessidade de lançamento dos efluentes, após tratamento, e conseqüente capacidade de diluição do corpo receptor, no caso o ribeirão das Palmeiras.

Conforme já mencionado no item referente à caracterização do empreendimento, foi previsto no projeto que no primeiro ano de operação o percolado deveria ser acumulado em tanques impermeabilizados para sua caracterização, em termos qualitativos e quantitativos, para permitir que a estação de tratamento seja projetada em conformidade com os líquidos percolados gerados. Também foram previstas diversas medidas para minimização da geração de percolados que se constituíam, basicamente, na cobertura das valas e restrição de disposição de certos tipos de resíduos.

A partir do tratamento do percolado, foi previsto que fosse produzido um efluente de vazão reduzida, com qualidade compatível com as normas vigentes. Foi considerada, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), a possibilidade da não geração de efluentes em função, principalmente, do balanço hídrico da região, conseqüentemente o impacto não existiria.

Como conclusão, tem-se que a ação foi considerada com potencial baixo sobre a capacidade de diluição de efluentes dos recursos hídricos superficiais.

#### **b) Apropriação da capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos**

Para que ocorresse a contaminação da água subterrânea, seria necessário que o percolado não fosse removido pelo sistema de drenagem sub-superficial e que este ultrapassasse os sistemas de impermeabilização inferiores, descritos no capítulo Caracterização do Empreendimento.

Uma vez que, conforme apresentado no Diagnóstico Ambiental, foi determinada a existência de uma espessura de solo insaturada considerável até o nível do lençol freático, e que este solo possui considerável capacidade de retenção e degradação dos contaminantes, haveria necessidade, ainda, que o migrasse através desta camada insaturada e



que atingisse o nível do lençol freático para que a contaminação efetivamente ocorresse.

Portanto, a conclusão apresentada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) é que somente haveria contaminação da água subterrânea e conseqüente apropriação da capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos, se ocorresse vazamento acidental de percolado e que este, com seu fluxo natural, ultrapassasse todas as barreiras existentes.

Como conclusão, foi avaliado que a operação do empreendimento não deveria resultar em apropriação da capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos e que, portanto, o potencial de impacto é baixo.

Foi observado, ainda, que o programa de monitoramento previsto, a ser descrito em capítulo específico, em conjunto com a manutenção adequada e operação do sistema de detecção de vazamentos, deveria permitir a identificação da existência de qualquer acidente, reduzindo, assim, o porte do vazamento.

c) Apropriação da capacidade de assimilação do solo e subsolo.

Similarmente aos potenciais de impacto anteriores, o potencial desta ação relaciona-se diretamente à ocorrência de um eventual vazamento do sistema de impermeabilização, tendo sido avaliado que qualquer vazamento representaria uma apropriação imediata, porém localizada da capacidade de assimilação do solo e subsolo.

Como conclusão, admitida a natureza acidental da ação, o potencial foi considerado médio.

## 8.1.2 Emissões de matéria e energia - ME

### Emissões de efluentes líquidos

- Emissões de efluente pelo sistema de tratamento de percolado:

Conforme já mencionado, o corpo receptor para o lançamento do efluente após tratamento foi definido como o ribeirão das Palmeiras. Foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que sua alteração da qualidade de suas águas não deveria ser acentuada uma vez que este efluente seria devidamente tratado anteriormente ao seu lançamento, porém, poderia ser afetada a vida aquática ali existente, bem como, a possibilidade do uso da água para consumo humano.

Na fase do projeto elaborado para o EIA (op. cit.), não foi apresentada uma

caracterização detalhada da qualidade do efluente, sendo previsto, apenas, que este teria vazão reduzida e qualidade compatível com a legislação vigente.

Como conclusão, além das questões citadas anteriormente, há a possibilidade de que a estação de tratamento fosse projetada de forma a possibilitar a evaporação do percolado acumulado numa lagoa, sem que fosse necessário seu lançamento; dessa forma, o potencial da ação foi considerado baixo sobre a qualidade das águas superficiais e também baixo sobre a vida aquática.

### **Disposição de resíduos sólidos**

Esta ação refere-se essencialmente ao objetivo principal do empreendimento, qual seja, possibilitar a disposição adequada dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias da região.

Basicamente, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), o potencial de impacto da disposição dos resíduos foi avaliado com relação à alteração do perfil do solo, e em razão de estar prevista sua reconformação após o encerramento das valas. O potencial da ação foi considerado baixo.

### **Disposição final do material escavado**

Conforme previsto em projeto, com a escavação das valas para disposição dos resíduos, seria produzido um excedente de solo, que deveria ser reaterrado na própria área do aterro. Foi calculado um volume de 140.000 m<sup>3</sup> para o primeiro ano de operação, já considerado o empolamento.

Na própria operação do aterro, foi previsto que o material fosse disposto de forma a reduzir as necessidades de escavação, servindo como paredes das futuras valas, após adequada compactação, ou para construção dos diques de proteção, estando prevista também a implantação de drenagem específica para evitar o carreamento do solo disposto.

No encerramento do empreendimento, foi previsto que haveria significativa alteração do perfil do solo, uma vez que o terreno estaria numa elevação de aproximadamente 10 m acima da situação original, porém sem que fosse alterado o direcionamento da drenagem da água superficial, que continuaria a ser encaminhada para o ribeirão das Palmeiras.

Em razão do volume do material ser expressivo, apesar das soluções previstas em projeto equacionarem efetivamente os potenciais impactos, o potencial da ação

foi considerado médio sobre o perfil do solo e subsolo.

### **Emissões acidentais**

#### **a) Emissões acidentais de resíduos durante o transporte**

Foi previsto que o transporte dos resíduos a serem dispostos seria de responsabilidade do operador do Aterro, de forma a permitir controle absoluto sobre a origem destes resíduos, além de garantir que estes fossem transportados de maneira adequada e em conformidade com a legislação vigente.

Foi avaliado no EIA (op. cit.), que apesar de terem sido previstas medidas de prevenção de acidentes como manutenção dos veículos, treinamento dos motoristas, etc., sempre haveria o risco da ocorrência de acidentes em locais que não poderiam ser identificados *a priori*, bem como, não poderiam ser previstos o tipo e a quantidade de resíduos a serem lançados ao meio ambiente.

Foi observado no EIA (op. cit.), que a proporção de qualquer acidente seria limitada ao volume de resíduos transportados e que sua incidência seria bastante reduzida, além de que a possibilidade que um acidente viesse a ocorrer em local ambientalmente sensível, também é reduzida.

Um ponto importante a ser considerado é a reação da população residente nas proximidades de um acidente, podendo causar impacto relevante sobre a mobilização da sociedade civil.

Assim, considerando o quadro apresentado, foi avaliado que os potenciais da ação seriam os seguintes:

- baixo sobre a vida aquática;
- baixo sobre a qualidade das águas superficiais;
- baixo sobre a qualidade das águas subterrâneas;
- baixo sobre a qualidade do solo e subsolo; e
- médio sobre a mobilização da sociedade civil.

#### **b) Emissão acidental de percolado**

Esta ação está relacionada, conforme já tratado em itens anteriores, com vazamentos de líquido percolado para o meio ambiente, quando estes não fossem removidos

pelo sistema de drenagem e ultrapassassem os sistemas de impermeabilização inferior.

Portanto, o percolado só poderia vazar e entrar em contato com o solo sob as valas se os sistemas previstos não operassem satisfatoriamente. Foi observado que, de qualquer forma, estes sistemas contribuiriam significativamente para a redução do porte dos vazamentos, e que estes poderiam ser identificados, através dos sistemas de monitoramento antes que haja conseqüências mais sérias.

A partir do vazamento, a contaminação alteraria, de forma localizada, o solo e o subsolo, afetando sua qualidade de forma localizada.

Para as águas subterrâneas, conforme já mencionado, sua eventual contaminação dependeria de mecanismos de transporte que levassem o percolado a atingir o lençol freático. Para a alteração da qualidade das águas superficiais, seria necessário que a água subterrânea percorresse a distância entre o ponto de contaminação e o corpo hídrico mais próximo.

A partir deste contexto, concluiu-se que os potenciais de impacto desta ação seriam os seguintes:

- baixo sobre a qualidade das águas superficiais;
- baixo sobre a qualidade das águas subterrâneas e
- médio sobre a qualidade do solo e subsolo.

### **8.1.3 Intervenções no meio biofísico - IB**

#### **Intervenções na cobertura vegetal**

##### **a) Remoção da cobertura vegetal atual**

Esta ação refere-se à necessidade de remoção da cobertura de cana-de-açúcar existente na área, que posteriormente seria revegetada por gramíneas, com proposta de sua utilização como pastagem.

Em razão da substituição de uma cultura antrópica por outra, considerou-se que o potencial de impacto da ação seria baixo.

##### **b) Implantação do cinturão verde**

Esta ação foi também prevista no projeto com o objetivo principal de

isolamento da área. O cinturão verde deveria ser composto por espécies nativas da região.

Foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que a intervenção se daria numa área reduzida, representando um ganho ambiental em termos de diversidade, concluindo-se que o impacto da ação é baixo positivo.

#### **8.1.4 Intervenções no meio antrópico - MA**

##### **Apropriação do solo e subsolo:**

Basicamente, esta ação envolveria a apropriação das áreas necessárias para a implantação do empreendimento, tendo sido considerado que havia compatibilidade da atividade com o uso do solo regional.

Em razão de tratar-se de utilização de área já apropriada e de porte reduzido, e que a especificidade do uso e a tecnologia adotada não caracterizam conflito ou mesmo competitividade com seu entorno, concluiu-se no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que a ação possuiria potencial de impacto baixo.

##### **Apropriação da estrutura urbana**

###### **a) Apropriação da infra-estrutura viária para transporte de resíduos**

Refere-se à utilização da estrutura viária da região para o tráfego de veículos para o transporte dos resíduos. A avaliação deste potencial de impacto deu-se a partir de seu alcance e frequência.

Foi estimada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), uma média diária de 35 viagens, o que resultaria num potencial baixo de impacto quando considerado o tráfego diário de veículos de carga nas rodovias da região, especialmente na SP-147, que daria acesso ao empreendimento.

##### **Intervenções na receita pública**

###### **a) Geração de receita tributária**

A avaliação do potencial desta ação deu-se a partir da determinação do porte em termos de incremento orçamentário do poder público, capaz de gerar efeitos sobre as condições de vida urbana.

Foi calculado que o aporte de recursos para o município seria da ordem de 0,35%, concluindo-se que se trata de um potencial de impacto baixo sobre a receita orçamentária.

### **Outras ações**

#### **1) Implantação e operação do empreendimento**

Em razão principalmente da inexistência de alternativas de disposição de resíduos industriais na região e a preocupação da sociedade civil com a questão, concluiu-se que o empreendimento tem no geral um caráter positivo.

A ação de implantação e operação do empreendimento teria um potencial de impacto médio positivo, tendo em vista a ampliação significativa da oferta de alternativas ambientalmente seguras e perspectivas de planejamento adequado da questão.

No que se refere à mobilização da sociedade civil, foi avaliado que esta ação se caracteriza como negativa, principalmente em razão dos riscos ambientais intrínsecos ao empreendimento. Foi ressaltado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que estes riscos seriam bastante reduzidos, principalmente em razão de características tecnológicas.

Quanto aos aspectos legais, foi avaliado que a ação representaria um potencial nulo, uma vez que a implantação e operação do empreendimento são totalmente compatíveis com a legislação vigente.

## **8.2 Definição das Suscetibilidades dos Componentes Ambientais**

A definição da suscetibilidades dos componentes ambientais pode ser definida como inversa à capacidade de assimilação dos impactos ambientais, independentemente do empreendimento em estudo, e se refere não somente à situação atual, mas também a cenários futuros.

Basicamente as suscetibilidades foram divididas em:

- altas;
- médias; e
- baixas.

## **8.2.1 Economia da natureza**

### **Disponibilidade de terras**

Em razão da área selecionada se situar numa gleba de grande porte, numa região rural do município de Piracicaba em que predomina o cultivo de cana-de-açúcar e já se encontrar apropriada pelo empreendedor (Brunelli S.A. Agricultura), não existindo na região um número significativo de pequenos proprietários, concluiu-se que este componente apresentaria uma elevada capacidade de assimilação sendo, portanto, de baixa suscetibilidade.

### **Capacidade de assimilação dos recursos hídricos superficiais**

Conforme já mencionado, o corpo hídrico receptor foi definido como o ribeirão das Palmeiras, que se encontra mais próximo à área do empreendimento. Em razão de sua vazão reduzida, sua capacidade de diluição e dispersão é bastante limitada. Foi ressaltado que à época da elaboração do EIA este corpo d'água não recebia lançamentos significativos de efluentes. A partir deste quadro, concluiu-se que a suscetibilidade deste componente é alta.

### **Capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos**

Em razão de qualquer contaminação que atinja a água subterrânea ser de remediação bastante complexa, foi avaliado no EIA que os recursos hídricos subterrâneos, em geral, possuem reduzida capacidade de assimilação. Também foi determinado que à época da elaboração do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) este recurso encontrava-se praticamente intocado, não existindo fontes de contaminação.

Conforme apresentado no Diagnóstico Ambiental, com base em dados fornecidos por sondagens, o lençol freático encontrava-se a uma profundidade superior a 25 m e assim bastante protegido, uma vez que qualquer contaminação que ocorra no solo precisará migrar até o nível d'água subterrâneo para alterar sua qualidade.

Foi avaliado, ainda, que este mecanismo de migração no subsolo é reconhecidamente bastante lento, sendo a probabilidade de ocorrência de contaminação também muito reduzida.

A partir destes dados foi avaliado que a suscetibilidade do componente é

média.

### **Capacidade de assimilação do solo e subsolo**

Conforme avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), a capacidade de assimilação do solo e subsolo está relacionada a diversos mecanismos que atuam simultaneamente quando ocorre alguma contaminação, destacando-se a adsorção e biodegradação que limitam ou reduzem, respectivamente, a extensão da contaminação. Foi determinado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que o componente se encontrava-se intocado, possuindo capacidade total de assimilação; porém, qualquer contaminação gerada pelo empreendimento iria impactar o componente diretamente, conforme já mencionado, apesar de ter sido avaliado que essa contaminação deveria ser localizada.

Foi mencionado também que qualquer contaminação não comprometeria o componente como um todo, existindo a possibilidade de remediação da situação pela remoção do solo contaminado.

Considerando que o componente sofre impactos diretamente, apesar de possuir capacidade de assimilação alta, concluiu-se que sua suscetibilidade é alta.

## **8.2.2 Equilíbrio Biofísico**

### **Cobertura vegetal**

Em razão da área estar recoberta por plantação de cana-de-açúcar, foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que este componente possui alta capacidade de assimilação e fácil recomposição, concluindo-se que a suscetibilidade do componente é baixa.

### **Vida aquática**

Em razão do ribeirão das Palmeiras possuir um ambiente de várzea associado, e que várias espécies utilizam este ambiente para reprodução, foi considerado que o componente possui suscetibilidade alta, uma vez que as fases juvenis dos organismos que ali se reproduzem são altamente suscetíveis a variações de parâmetros ambientais como temperatura, pH, OD, condutividade, etc.

### **Perfil do solo e subsolo**

As escavações, previstas para construção das valas de disposição dos resíduos, resultariam em alteração do perfil do solo local, avaliando-se que o componente apresenta baixa resistência, não possuindo também capacidade de recuperação. Por outro lado, essas intervenções no solo são eventos localizados que não induziriam alterações no entorno e nas camadas situadas sob a área escavada.

Concluiu-se que a suscetibilidade do componente perfil do solo e subsolo é média.

## **8.2.3 Qualidade ambiental**

### **Qualidade das águas superficiais**

Conforme já apresentado no Diagnóstico Ambiental, a qualidade do ribeirão das Palmeiras é satisfatória em termos da legislação vigente; por outro lado, o ribeirão possui baixa capacidade de assimilação, principalmente em razão de sua vazão reduzida. Concluiu-se, portanto, que a qualidade das águas superficiais apresenta suscetibilidade alta.

### **Qualidade da água subterrânea**

Quanto à qualidade da água subterrânea, foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que qualquer contaminação que atinja este recurso dificilmente poderia ser remediada e, conseqüentemente, que o componente possui capacidade de recuperação reduzida. Também foi considerado que qualquer contaminação tende a migrar, mesmo que lentamente. Com base nestes fatos considerou-se que a suscetibilidade do componente é alta.

### **Qualidade do solo e subsolo**

Para efeito da avaliação efetuada, a qualidade do solo e subsolo não se refere à sua aptidão agrícola, mas sim à presença ou não de produtos contaminantes.

O solo possui capacidade de assimilação alta, porém expressiva capacidade de recuperação, em especial no que se refere a produtos orgânicos devido a processos de biodegradação natural. Além disso, o solo tende a adsorver poluentes, limitando a extensão

de qualquer contaminação que ocorrer. Por outro lado, em razão dessa adsorção, seria necessário a remoção do solo para eliminar a contaminação.

No conjunto, foi avaliado que o componente apresenta suscetibilidade média.

#### **8.2.4 Dinâmica antrópica**

##### **Uso e ocupação do solo**

Segundo o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) o componente uso e ocupação do solo refere-se aos aspectos ligados à apropriação do espaço físico, sua conformidade, compatibilidade e possíveis restrições de uso, bem como aqueles relacionados à expansão urbana e seus efeitos sobre a indução de ocupação.

Com base nas características do empreendimento, atribuiu-se a este componente uma suscetibilidade baixa.

##### **Disponibilidade de infra-estrutura viária**

Este componente foi analisado com base na disponibilidade de infra-estrutura em torno dos eixos já implementados, seu grau de saturação e os projetos de ampliação existentes. De acordo com estes parâmetros, foi avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) que a área selecionada apresentavam boa disponibilidade de infra-estrutura viária, especialmente no que se refere a interligações municipais.

Foi atribuída, porém alguma fragilidade a este componente em razão do grau de saturação das rodovias Anhangüera e Washington Luís, especialmente em épocas de safra.

Foi atribuída suscetibilidade média ao componente, em função das características citadas.

##### **Unidades auxiliares de apoio à atividade industrial**

Este item compreende os aspectos relacionados à geração de resíduos industriais, suas características e alternativas para disposição final.

Para a avaliação de sua suscetibilidade, foram considerados, especialmente, o porte desta geração e a capacidade de assimilação destas demandas por parte dos sistemas

existentes, bem como sua adequação do ponto de vista ambiental.

Na região, foi identificada grande incidência de sistemas de estocagem, sendo este fato revelador da ausência de alternativas adequadas para equacionamento do problema. Em razão do entendimento de que havia uma certa fragilidade que poderia comprometer a capacidade de assimilação de novas demandas, foi avaliado que a suscetibilidade do componente era média.

### **8.2.5 Equilíbrio político-institucional**

Segundo a definição contida no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), este componente sintetiza a interação entre os demais componentes ambientais, expressando-se na correlação de forças entre a sociedade e o poder público.

Para a avaliação de sua suscetibilidade, considerou-se a especificidade de seus diferentes aspectos, relacionados a seguir.

#### **Receita orçamentária**

Foi avaliado que devido aos fatores conjunturais da economia brasileira, o componente apresentava, *a priori*, grande fragilidade que afetava sua capacidade de assimilação de situações adversas. Todavia, devido ao fato de, no município de Piracicaba, o poder público ter conseguido um gerenciamento adequado dos processos em curso, foi avaliado que o componente tinha suscetibilidade média.

#### **Planos governamentais**

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), os planos governamentais foram relacionados às diretrizes e prioridades mais amplas adotadas pelo poder público e sua adequação às reivindicações e demandas da sociedade, sendo indicado que o novo Plano Diretor de Piracicaba, em aprovação à época, sinalizava para uma conjunção do interesse do empreendedor com a política municipal de gerenciamento dos resíduos sólidos industriais.

Este componente foi considerado como de suscetibilidade baixa.

#### **Mobilização da sociedade civil**

Segundo avaliação constante do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), a

participação da sociedade organizada em Piracicaba mostrava-se consolidada, apresentando uma conformação institucionalizada.

Foi atribuído ao componente uma relativa capacidade de assimilação e, conseqüentemente, uma suscetibilidade média.

### **Aspectos legais**

Segundo o EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), os aspectos legais referiam-se ao aparato disponível em termos de legislação, que permitiria ao poder público o controle dos processos socioeconômicos locais.

No caso do município de Piracicaba, tinha-se uma consolidação dos aspectos legais, permitindo ao poder público um controle adequado dos processos e maior compatibilidade entre as diferentes esferas.

Foi atribuída suscetibilidade média a este componente.

### **8.3 Estudo sobre o Impacto de Emissões Acidentais de Percolado.**

Em complementação ao capítulo de avaliação dos impactos ambientais, foi apresentado no EIA um estudo referente aos riscos de contaminação da água subterrânea a partir de emissões acidentais de percolado. Esta é uma avaliação apenas teórica, sem que tivesse sido realizada uma modelagem matemática na área selecionada para que os riscos avaliados fossem os mais próximos possíveis da realidade.

Para a avaliação em questão, foi utilizada metodologia de MAHMOOD & SIMS apud JAAKKO PÖYRY (1992), que desenvolveram um índice denominado Índice de Mobilidade e Degradação - MDI, que corresponde à relação entre o tempo de movimento de um composto no solo e sua meia-vida, ou seja, o tempo necessário para redução de sua massa em 50%, através da atuação de processos de degradação biológica.

Conforme MILLD et al. apud JAAKKO PÖYRY (1992), a *U.S. Environmental Protection Agency* têm utilizado abordagem semelhante, na avaliação de áreas selecionadas para implantação de novos projetos de aterros industriais.

A avaliação partiu das condições climáticas locais, tendo sido determinado, conforme mencionado, que na região de Piracicaba ocorre um déficit hídrico anual de 96 mm e que a percolação profunda ocorre somente nos meses de fevereiro e março, num total de apenas 20 mm ao ano.

Considerando que o aterro terá sua base inferior protegida por camada de

argila compactada combinada com membrana de PEAD, foi avaliado que a probabilidade de vazamentos e posterior lixiviação para o lençol subterrâneo, situado no mínimo a 22,5 m de profundidade, seria bastante pequena.

Também foi avaliado que, caso houvesse migração dos contaminantes através da zona insaturada, a zona saturada poderia vir a ser contaminada. Neste caso, o fluxo natural da água subterrânea tenderia a direcionar a contaminação para o ribeirão das Palmeiras, que se encontra posicionado no sentido natural do fluxo da água subterrânea no local (FIGURA 20), concluindo-se que a probabilidade dos contaminantes atingirem o aquífero regional é ainda mais reduzida.

Como metodologia, foi utilizada a teoria do deslocamento tipo pistão, no qual o centro de massa de uma pluma de poluente se desloca no solo de forma compacta, como se fosse uma sucessão de fluxos de água contendo a porção solúvel do composto analisado.

Foi observado que a localização média do centro de massa de uma pluma pode ser determinada com relativa facilidade porém, em razão dos processos de dispersão, a forma da pluma necessitaria de um equacionamento mais detalhado.

- a atenuação de um composto químico no solo foi atribuída aos seguintes fatores: degradação biológica, adsorção, volatilização, hidrólise, precipitação e adsorção pela vegetação.

A partir das análises de solo realizadas, pode-se verificar que no local ocorre um solo argiloso; com teor de argila superior a 40%. Este fato facilita sobremaneira os processos de redução da migração citados acima.

- os produtos químicos selecionados para a análise foram os seguintes: fenóis, tricloroetileno, cobre, zinco, cádmio e chumbo.

Quanto à lixiviação de metais pesados, foi avaliado que esta é diretamente relacionada com propriedades do solo como pH, capacidade de troca de cátions - CTC, força iônica e presença de ligantes, bem como a presença de matéria orgânica e de óxidos hidratados.

Para DOWDY & VOLK apud JAAKKO PÖYRY (1992), os metais pesados no geral têm baixa mobilidade no solo, sendo a maior preocupação sua absorção pelas plantas.

A partir da análise efetuada, foram apresentadas as seguintes conclusões:

- sem retardamento, um composto mais solúvel como o fenol necessitaria de 157 anos para atingir o lençol subterrâneo no local do aterro, atribuindo-se este fato ao

tipo de solo da área e à baixa percolação local. Observou-se que, para a avaliação, foi considerado que o solo teria um teor de matéria orgânica zero, o que não condiz com a realidade;

- o período de meia vida de um fenol é de quatro dias, o que significa que após quatro dias no solo a concentração deste produto seria reduzida em 50% da inicial;
- foi ressaltado que para uma análise mais concreta, seria necessário o conhecimento das concentrações iniciais do elemento contaminante, o que não foi possível naquela fase do projeto;
- a análise feita leva à consideração que mesmo na ausência de impermeabilização, compostos como fenol, tricloroetileno - TCE e metais pesados não alcançariam o lençol subterrâneo em concentrações detectáveis; foi citado o cádmio, que alcançaria o lençol subterrâneo apenas em 3 747 anos.

Numa avaliação preliminar, concluiu-se que a percolação de metais pesados e compostos orgânicos não representa problema no local do aterro industrial de Piracicaba.

#### **8.4 Definição da Intensidade dos Impactos**

A partir do cruzamento dos potenciais de impacto das ações do empreendimento com as suscetibilidades dos componentes ambientais, conforme metodologia adotada no EIA, foram definidas as intensidades dos impactos ambientais, que foram classificados em:

- fraco;
- médio fraco;
- médio;
- médio forte e
- forte.

A seguir, serão apresentados e comentados os resultados obtidos.

1) Disponibilidade de terras x apropriação do solo: impacto negativo médio fraco.

Deve-se observar que, apesar da área apropriada não ser de grande porte, num contexto em que predominam as grandes propriedades, conforme já apresentado no item referente ao uso e ocupação do solo, o tipo de empreendimento a ser implantado não é comum na região, que tem vocação essencialmente agrícola. Dessa forma, a mudança de uso

pode trazer incertezas e inquietações para a população do entorno, o que de fato ocorreu, principalmente pela possibilidade deste empreendimento tornar-se um núcleo para o desenvolvimento de empreendimentos similares nos entornos, ou mesmo possibilitar sua ampliação, o que poderia resultar em conflitos de uso com as atividades ali instaladas.

Outro ponto a ser observado, refere-se à proposta de uso futuro para a área pois, anteriormente à avaliação dos riscos de contaminação de uma futura cobertura vegetal a ser implantada sobre as valas de disposição de resíduos, não seria recomendável que esta servisse para alimentação de animais, uma vez que determinados contaminantes poderiam ser absorvidos pela vegetação e incorporados à cadeia alimentar.

2) Capacidade de assimilação dos recursos hídricos superficiais x apropriação da capacidade de diluição dos recursos hídricos superficiais: impacto negativo médio.

O fato da grande possibilidade de não ocorrer lançamentos de efluentes no corpo d'água receptor, não foi considerado nesta análise.

3) Capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos x apropriação da capacidade de assimilação dos recursos hídricos subterrâneos: impacto negativo médio fraco.

Neste caso, deve-se observar que o reduzido risco de contaminação da água subterrânea foi baseado apenas na profundidade do lençol freático, sendo que há outros fatores que condicionam a migração dos contaminantes em subsuperfície como processos de retenção, dispersão e degradação de contaminantes. Também deveriam ter sido melhor estudados os processos de percolação em meios fraturados, uma vez que a área selecionada encontra-se sobre um dique de diabásio bastante fraturado, etc., além dos sedimentos subjacentes ao diabásio apresentarem indícios de fraturamento. Dessa forma, na avaliação da suscetibilidade dos componentes, obrigatoriamente a combinação destes fatores deveria ter sido levada em conta e não apenas a profundidade do lençol freático.

4) Capacidade de assimilação do solo e subsolo x apropriação da capacidade de assimilação do solo e subsolo: impacto negativo médio.

Também cabe comentário sobre o fato de ter sido atribuído potencial de impacto médio sobre a qualidade do solo e subsolo, uma vez que havendo a contaminação esta deveria ser bastante localizada, não tendo sido avaliada a consequência deste fato.

Quanto à contaminação dos solos da região, HEITZMANN (1999) estudou

as alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na bacia do rio Piracicaba, com o objetivo de avaliar os impactos na contaminação do solo e na água subterrânea dos líquidos percolados resultantes da lixiviação desses resíduos, especialmente com relação a metais pesados.

Para o desenvolvimento do estudo, foram selecionados o lixão de Itatiba e os aterros sanitários de Piracicaba e Paulínia.

Esses depósitos encontram-se em condições semelhantes no que se refere a clima, geomorfologia e profundidade do lençol freático. O autor destacou que os três depósitos encontram-se na meia encosta de morros de baixa amplitude, com nascente ou córrego d'água a jusante, implicando posição relativamente alta do lençol freático e deslocamento relativamente rápido da mancha poluidora, uma vez que esta atinge facilmente o nível saturado do solo.

A diferença nos depósitos referem-se aos níveis de segurança e controle, estando o lixão de Itatiba sem nenhum controle.

O aterro de Piracicaba era um lixão tendo sido realizados trabalhos de retaludamento, início de cobertura e compactação diária dos resíduos, implantação de sistema de recirculação do chorume e de lagoa de decantação de efluentes, porém, foram detectados, ainda, pontos vulneráveis no sistema como alto nível do lençol freático que chega a atingir os resíduos ali depositados, e produção de líquidos percolados muito alta.

No aterro de Paulínia foram projetadas quatro células de resíduos, sistema de drenagem superficial e bacia de decantação de efluentes, porém, não foi implantado sistema de impermeabilização de base.

Foi avaliado pelo autor que devido aos diferentes substratos geológicos, não foi possível uma comparação direta da concentração de metais pesados nos solos dos três locais, tendo sido calculados então os fatores de enriquecimento para as concentrações a jusante dos depósitos como índices para as análises. Estes fatores foram definidos como o valor médio ou máximo das concentrações de metais nas amostras coletadas a jusante dos corpos de resíduos, dividido pelo maior valor encontrado em amostras de montante dos mesmos, assumindo-se o valor encontrado como o *background* para cada área.

Para o lixão de Itatiba, foram encontrados os menores índices de contaminação do solo, quando comparado com os outros dois locais. Este fato foi atribuído à falta de cobertura dos resíduos, permitindo grande entrada da água de chuva nos depósitos, havendo, conseqüentemente, grande lixiviação dos resíduos e grande transporte de poluentes. A pouca retenção dos poluentes pelo solo foi atribuída à pequena porcentagem de argila no solo de Itatiba, cujo valor não ultrapassa 10%. Como segundo fator para menor concentração

de metais pesados, foi apontado o caráter mais ácido das águas subterrâneas da região, ocasionando maior mobilidade dos metais e, conseqüentemente, maior transporte pela água. Foi avaliado que essa maior mobilidade dos metais em Itatiba resulta em maiores impactos ambientais, uma vez que estes atingem áreas mais distantes do depósito, as quais não seriam contaminadas caso o solo desempenhasse a função de barreira geológica de retenção de poluentes. Em Paulínia foi encontrado até 30% de argila nos solos e em Piracicaba cerca de 15%, uma vez que solos com granulometria mais fina possuem maior superfície de contato e com isso maior capacidade de adsorção de metais, é esperado que a retenção dos metais por parte do solo seja maior nestes locais.

Para realização de comparações com dados de contaminação de solos, o autor utilizou a lista de EIKAMANN & KLOKE apud HEITZMANN (1999), elaborada para solos de acordo com seu uso.

Os critérios utilizados são os seguintes:

- BW 1: concentrações em solos sem interferência antropogênica;
- BW 2: limites máximos toleráveis de contaminação; e
- BW 3: limites de intervenção, ou seja, alta contaminação.

Como critério de uso geral, foi adotado que os solos teriam um uso agrário, que corresponde à sua utilização nas vizinhanças das áreas estudadas.

Os seguintes resultados foram encontrados:

- os limites BW 3 foram alcançados apenas em Piracicaba e Itatiba para Ba, e em Paulínia para Zn e Ni;
- os limites BW 2 foram alcançados em Itatiba para Cu, V, Zn e Zr, em Piracicaba para Cu e V, e em Paulínia para Ba, Co e V; e
- em geral as concentrações encontradas indicam valores entre os limites BW 1, solos não contaminados e BW 2, limites toleráveis.

Para a mitigação dos problemas encontrados, foram recomendadas as seguintes ações:

- uma ação de saneamento dos locais, uma vez que as concentrações ainda

encontram-se em limites relativamente baixos, não sendo necessária a descontaminação dos solos ao redor dos depósitos, sendo que a simples interrupção da emissão de poluentes seria suficiente para regeneração das áreas;

- com o objetivo da diminuição da velocidade de transporte dos poluentes, foi sugerido um trabalho de rebaixamento do lençol freático em Itatiba e Piracicaba, retirando o contato direto entre o aquífero e os resíduos, criando-se, dessa forma, uma maior zona não saturada de percolação de líquidos, o que facilitaria a retenção de parte dos poluentes no solo diretamente abaixo dos depósitos;

- a redução do volume de líquidos percolados, através da redução da entrada de água no corpo de resíduos, sendo necessário, para tanto, a colocação de canaletas e barreiras impermeáveis a montante e na lateral do corpo dos depósitos, sendo que no caso dos aterros sanitários seria necessário apenas a adequação dos sistemas existentes; e

- redução do conteúdo de matéria orgânica dos resíduos, através da implantação de sistemas de compostagem, inclusive nos próprios terrenos dos depósitos.

5) Cobertura vegetal x remoção da cobertura vegetal atual: impacto negativo fraco.

6) Cobertura vegetal x implantação do cinturão verde: impacto positivo fraco.

7) Vida aquática x emissões de efluente pelo sistema de tratamento de percolado: impacto negativo médio.

8) Vida aquática x emissão acidental de resíduos durante o transporte: impacto negativo médio.

9) Perfil do solo e subsolo x disposição dos resíduos sólidos: impacto negativo médio fraco.

Neste caso deve-se observar que não foram avaliadas as implicações resultantes das alterações no perfil do solo, uma vez que as conseqüências podem ser avaliadas como nulas.

10) Perfil do solo e subsolo x disposição final do material escavado: impacto

negativo médio.

Uma vez que todo o solo escavado seria disposto na própria área, através de seu reaproveitamento na construção de diques e valas, a intensidade desse impacto também pode ser considerada nula, pelo fato que na própria concepção do projeto o problema foi equacionado.

11) Qualidade das águas superficiais x emissões de efluentes pelo sistema de tratamento de percolado: impacto negativo médio.

Deve-se observar, que apesar de ter sido determinado o balanço hídrico da região através de metodologia específica, apresentada no capítulo referente ao Diagnóstico Ambiental, não foram realizados cálculos mais detalhados que permitissem a previsão do volume de efluentes a serem produzidos. Essa quantificação seria determinante na análise da viabilidade do empreendimento, uma vez que o risco de contaminação dos recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos, foi considerado como um dos impactos mais relevantes.

Uma vez admitida a possibilidade de lançamento do efluente tratado no ribeirão das Palmeiras, há a possibilidade deste efluente não ser compatível com os padrões vigentes, podendo ser necessário sua retirada para tratamento e/ou disposição em outro local, ação que também não foi prevista no EIA.

12) Qualidade das águas superficiais x emissões acidentais de resíduos durante o transporte: impacto negativo médio.

Em razão da probabilidade bastante pequena, que a partir de um acidente um determinado corpo hídrico seja atingido pelo despejo de resíduos, entende-se que a intensidade deste impacto deveria ter sido considerada fraca.

13) Qualidade das águas superficiais x emissões acidentais de percolado: impacto negativo médio.

Neste caso, conforme discutido no Estudo sobre o Impacto de Emissões Acidentais de Percolados, considerou-se que a possibilidade de determinados contaminantes migrarem até o lençol freático e a partir deste até o ribeirão das Palmeiras é bastante pequena, mesmo se não fossem adotados os sistemas de impermeabilização das células, assim, de forma coerente, o impacto deveria ter sido avaliado como fraco.

14) Qualidade da água subterrânea x emissões acidentais de resíduos durante o transporte: impacto negativo médio.

15) Qualidade da água subterrânea x emissões acidentais de percolado: impacto negativo médio.

Neste caso entende-se que para uma efetiva avaliação da possibilidade de modificação da qualidade da água subterrânea, deveriam ter sido utilizadas técnicas de modelagem da migração de contaminantes, para determinação do tempo e concentrações em que os contaminantes poderiam atingir esse recurso hídrico. Na avaliação apresentada também não foram consideradas as conclusões do Estudo sobre o Impacto de Emissões Acidentais de Percolados.

16) Qualidade do solo e subsolo x emissões acidentais de resíduos durante o transporte: impacto negativo médio fraco.

17) Qualidade do solo e subsolo x emissões acidentais de percolado: impacto negativo médio.

Quanto à contaminação do solo e subsolo, foi avaliado que, no caso de sua ocorrência, sua abrangência seria bastante localizada e limitada à área subjacente ao aterro. Em razão de que área estaria devidamente apropriada através da disposição de resíduos, não foram consideradas na avaliação as conseqüências dessa potencial contaminação.

18) Uso e ocupação do solo x apropriação do solo e subsolo para o empreendimento: impacto negativo fraco.

Conforme já observado, não foi analisado no EIA o fato de toda a região estar voltada para a agricultura sendo o uso pretendido bastante diferenciado em relação a este, o que poderia trazer conflitos em termos das expectativas dos residentes nos entornos, o que de fato aconteceu quando analisadas as manifestações da população em geral.

19) Disponibilidade de infra-estrutura viária x apropriação da infra-estrutura viária para transporte de resíduos: impacto negativo médio-fraco.

20) Unidades auxiliares de apoio industrial x implantação e operação do empreendimento: impacto positivo médio.

21) Receita orçamentária x geração de receita tributária: impacto positivo médio fraco.

22) Planos governamentais x implantação e operação do empreendimento: impacto positivo médio-fraco.

23) Mobilização da sociedade civil x emissões acidentais de percolato durante o transporte: impacto negativo médio.

24) Mobilização da sociedade civil x implantação e operação do empreendimento: impacto negativo médio fraco.

Entende-se que a intensidade deste impacto foi subestimada no EIA, uma vez que, conforme tratado no Capítulo 3, houve uma reação pública bastante negativa à implantação do empreendimento, sendo que as manifestações, em geral, desconsideravam os objetivos e premissas técnicas estabelecidas. Para a população residente no entorno da área selecionada, era certa a degradação ambiental da região de influência do empreendimento, inclusive por ações não previstas no projeto, como disposição de resíduos radioativos, possibilidade de atração de catadores, etc. Este fato é indicativo da falta de um programa efetivo de comunicação social, ação esta que não deve ter sido prevista em função do impacto ter sido avaliado como de intensidade fraca.

Observa-se, mais uma vez, que este é um típico empreendimento tipo *Nimby* (*Not in my backyard*), dessa forma, era de se esperar reações fortes da população potencialmente afetada, mesmo com a sistemática participativa implementada durante a elaboração do projeto, lembrando, conforme também mencionado, que a região possui vocação essencialmente agrícola, havendo desde a concepção do projeto, conflitos de uso na sua implantação.

25) Aspectos legais x implantação e operação do empreendimento: impacto nulo.

## **8.5 Considerações Finais sobre a Avaliação de Impacto Ambiental**

Neste ponto, deve-se ressaltar que, apesar da metodologia apresentada no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) abordar de forma correta o cruzamento das ações do empreendimento com as fragilidades da região selecionada para sua implantação, alguns aspectos merecem comentários, uma vez que podem resultar em incorreções na avaliação realizada:

O primeiro refere-se à falta de análise dos processos do meio físico atuantes

na área de influência do empreendimento, conforme definido por FORNASARI FILHO et al. (1992) e discutido no Capítulo 5 deste trabalho, processos estes que podem ser bastante alterados através das modificações decorrentes da implantação e operação do empreendimento. Como exemplo, pode ser citada a migração de poluentes no solo, que se relaciona aos processos de infiltração, percolação e alimentação do lençol subterrâneo, das águas precipitadas sobre a sub-bacia definida como área de influência. A partir da disposição dos resíduos sólidos, a água precipitada sobre as valas pode mobilizar determinados contaminantes, carregá-los até o nível insaturado do solo e integrá-los à dinâmica hidrogeológica local, dinâmica esta condicionada pelos processos físicos e geoquímicos predominantes na área. Esta dinâmica, relacionada a processos basicamente sub-superficiais, não foi devidamente estudada no EIA.

Um segundo aspecto relativo à metodologia refere-se à atribuição de níveis de intensidade aos impactos. Uma vez que a atribuição da intensidade desses impactos refere-se a aspectos qualitativos, estes seriam determinados a partir de critérios essencialmente pessoais relativos à equipe que elaborou o EIA. Pode-se citar como exemplo os quantitativos apresentados no Estudo sobre o Impacto de Emissões Acidentais de Percolados, no qual é avaliado que os riscos de contaminação da água subterrânea são bastante baixos tendo sido apresentados dados quantitativos para essa avaliação. Todavia esse Estudo não foi considerado quando da definição da intensidade dos impactos, uma vez que além da possibilidade de contaminação da água subterrânea ter sido considerada como o impacto potencial mais importante decorrente da operação do empreendimento, o cruzamento com a ação denominada emissões acidentais de percolado, resultou em impacto negativo médio, o que traz incertezas quanto à verdadeira intensidade do impacto.

Outro ponto sobre este item refere-se à falta de análise das conseqüências dos impactos ambientais, conforme mencionado em vários itens. Como exemplo, pode-se citar que foi considerado como impacto médio a contaminação do solo sob a área de aterro, porém as conseqüências devido a essa contaminação foram consideradas como praticamente inexistentes, uma vez que a área já se encontra apropriada pelo empreendedor e seu uso futuro pode ser devidamente controlado. Pode ser mencionada também a alteração do perfil do solo, considerado como impacto de intensidade média, porém, aparentemente, este impacto tem conseqüências nulas.

Por fim, conforme analisado acima, houve uma avaliação equivocada quanto à mobilização da sociedade civil frente à implantação e operação do empreendimento, considerado como impacto negativo fraco, uma vez que esta mobilização foi bastante intensa.

## 9 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS

Medida mitigadora foi definida, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), como “...qualquer ação, providência ou característica que, uma vez agregada ao projeto ou adotada durante a implantação e a operação do empreendimento, possa reduzir a intensidade e a extensão dos efeitos adversos, ou ainda, potencializar os benefícios do empreendimento, a ponto de torná-lo compatível com o meio ambiente e, portanto, viável do ponto de vista ambiental.”

A seguir, serão apresentadas as medidas mitigadoras incorporadas à concepção básica do empreendimento.

### 9.1 Fase de Implantação

Foi ressaltado, no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), que a natureza do empreendimento é diferenciada, uma vez que sua implantação dá-se durante toda sua vida útil. Dessa forma, as medidas relacionadas a esta fase devem ser aplicadas sempre que a ação relacionada seja implementada.

A seguir são apresentadas as principais medidas previstas:

a) obras de solo: deverão ser executadas estritamente em função do projeto, uma vez que implicam estabilidade e resistência estrutural;

b) construção de diques de proteção: na área de armazenamento de combustíveis e outros materiais químicos;

c) contratação de mão de obra oriunda da própria região, evitando-se processos migratórios;

d) a empreiteira contratada deveria respeitar toda a legislação trabalhista, garantindo assistência médica aos trabalhadores e outros benefícios previstos em lei;

Observa-se que esta medida é obrigatória pela legislação do país, não se tratando de proposição de redução de nenhum impacto gerado pelo empreendimento.

e) na implantação das mantas impermeáveis deveria haver recobrimento mínimo de 15 cm das emendas e seu ancoramento na instalação;

f) realização de testes nas mantas para garantir sua impermeabilidade;

g) seguir estritamente o previsto em projeto na impermeabilização das valas e instalação dos sistemas de drenagem superficial e sub-superficial; e

h) seguir o disposto na norma 06.010 da Cetesb na implantação dos poços de monitoramento.

## 9.2 Fase de Operação

Foram previstas as seguintes medidas para esta fase:

a) na operação do empreendimento, devem ser seguidas todas as normas aplicáveis, principalmente da ABNT, relacionadas com o armazenamento, manipulação e disposição de resíduos sólidos industriais. Também devem ser seguidas as legislações municipal, estadual e federal;

b) no transporte de resíduos, também devem ser seguidas as normas da Cetesb e da ABNT e o Decreto Federal - 88.821;

c) os veículos de transporte devem ser adequados ao peso da carga, à sua forma, características químicas e estado físico dos resíduos;

d) os veículos deverão conter “kits” de emergência, específicos para a carga a ser transportada;

e) os motoristas e ajudantes devem ser treinados de modo a conhecer a operação adequada do veículo e todos seus equipamentos;

f) os motoristas devem ser esclarecidos sobre o que está sendo transportado e, em caso de acidente ou avaria da carga ou do veículo, receber treinamento de como proceder;

g) os resíduos devem ser dispostos de tal forma que não sejam colocados em contato com resíduos incompatíveis;

h) as estradas de acesso locais e de serviço devem estar sempre bem conservadas e úmidas, para minimizar as emissões de poeira;

i) as caixas de acumulação do sistema de acumulação de vazamentos das valas Classe I devem ser periodicamente inspecionadas;

Observa-se que neste caso, trata-se de uma medida essencialmente de monitoramento e não uma medida específica de mitigação.

j) deverá ser adotado um controle tecnológico efetivo, com vistorias e inspeções de todas as suas atividades, de forma a evitar alterações no meio ambiente;

A medida prevista refere-se a um programa de acompanhamento e, portanto, de monitoramento, bastante amplo, que pode ser entendido como um sistema de gestão ambiental, no qual todos os processos de monitoramento poderiam estar incluídos.

k) após tratamento, o efluente da ETE deve ter qualidade compatível com a legislação vigente para lançamento no corpo receptor;

Trata-se, basicamente, de uma premissa do projeto que deveria ser desenvolvida no projeto da ETE.

l) o sistema de drenagem superficial deve ter manutenção periódica de forma que haja constante e efetivo escoamento das águas pluviais;

m) os procedimentos de desativação das valas devem seguir as diretrizes estabelecidas na Caracterização do Empreendimento;

Também refere-se a premissas de projeto.

n) as máquinas e equipamentos somente devem ser utilizados para as operações às quais foram especificamente projetados;

o) a operação e manutenção de equipamentos devem ser executadas somente por pessoal qualificado e treinado para este fim;

p) a cada operação relacionada a movimentos de máquina, devem ser emitidos sinais de aviso;

q) nenhum equipamento deve ser utilizado quando apresentar falhas de funcionamento e

r) deverá ser desenvolvido um programa de relações públicas para informação da comunidade interessada sobre todas as atividades do Aterro.

### **9.3 Fase de Desativação**

As medidas relacionadas a esta fase referem-se ao encerramento do aterro, após a finalização das atividades de disposição de resíduos. Dentre as principais medidas, pode-se citar:

a) a área do empreendimento deveria ser totalmente revegetada, de forma que possa ser utilizada futuramente como pastagem;

Conforme já comentado, no item referente à desativação do empreendimento, antes da definição do uso futuro da área, deveria ser avaliado se a vegetação colocada sobre a área do aterro não seria afetada pelos resíduos subjacentes. Somente se não houvesse contaminação a área poderia ser liberada para pastagem, uma vez que haveria riscos de contaminação dos animais que se alimentarem da vegetação.

b) a área deveria ser vistoriada periodicamente, para verificação da ocorrência de eventos que tragam algum risco ambiental pós encerramento; também poderia fazer parte de um sistema de gestão ambiental, tratando-se também de medida de

monitoramento. Não foi definido, neste caso, qual o período em que deveria ocorrer este acompanhamento.

c) o isolamento da área previsto em projeto deveria ser mantido *a posteriori* para que seja evitado o acesso de pessoas não autorizadas;

d) a drenagem superficial deveria sofrer manutenção regular para assegurar o escoamento das águas pluviais;

Neste caso, não foram previstas medidas de manutenção dos outros sistemas previstos como de drenagem de líquidos percolados, a própria ETE, etc., sistemas estes igualmente importantes para a manutenção da qualidade ambiental da área e seus entornos, mesmo após o encerramento do aterro.

e) o programa de monitoramento deveria ser mantido de forma a permitir a verificação se o empreendimento estaria causando algum dano ao meio ambiente.

#### **9.4 Medidas Emergenciais em Caso de Acidente**

No caso da ocorrência de algum acidente, seja no transporte de resíduos, seja na própria operação do empreendimento, foram previstas as seguintes medidas corretivas:

a) no caso de um acidente durante o transporte, o responsável imediato pelo transporte (motorista) deveria seguir as instruções previamente estabelecidas que compreendem dentre outros aspectos, o acionamento de órgãos como Polícia, Corpo de Bombeiros, órgãos ambientais, o isolamento da área atingida, etc.;

b) caso haja algum acidente de trabalho, o funcionário deveria ser encaminhado imediatamente ao posto de atendimento mais próximo;

Trata-se também de medida obrigatória e não medida mitigadora.

c) no caso da detecção de algum vazamento de percolado, deveriam ser implementadas imediatamente medidas corretivas necessárias e, caso fosse necessário, a vala deveria ser desativada. Na sequência, deveriam ser procedidas investigações para verificação da ocorrência de alguma contaminação e, em caso positivo, efetuar-se o seu mapeamento. A partir dos dados obtidos, deverão ser desenvolvidos estudos para a remediação da contaminação e

d) deveria ser elaborado um plano de comunicação de emergência de forma que a sociedade civil em geral, principalmente aquela potencialmente afetada, fosse informada sobre a extensão e riscos associados de acidentes que eventualmente ocorressem.

Não foram previstas medidas de segurança e higiene do trabalho, principalmente pelo fato do empreendimento implicar a manipulação de resíduos industriais, expondo os empregados a riscos de contato com substâncias bastante tóxicas. Previu-se que seriam seguidos todos os padrões e normas existentes, principalmente aquelas relativas à Consolidação das Leis do Trabalho (L-6514 de 22.12.77) e as Normas Regulamentares à Segurança e Medicina do Trabalho (Port. Mtb. de 08.06.78). Observa-se que, mais uma vez trata-se de medidas obrigatórias e não de mitigação de impactos.

### **9.5 Considerações sobre a Proposição de Medidas Mitigadoras**

A partir da análise das medidas mitigadoras, conclui-se que as ações propostas referem-se, basicamente, a ações previstas no projeto do aterro e na legislação trabalhista, não se tratando de medidas mitigadoras propriamente ditas, conforme definido no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) e apresentado no início deste Capítulo.

Entende-se, que deveriam ter sido analisadas todas as ações potencialmente importantes decorrentes da implantação e operação do empreendimento e propostas medidas para redução e/ou eliminação dos impactos decorrentes dessas ações, devendo transcender àquelas relacionadas aos sistemas de proteção ambiental previstos no projeto.

## 10 PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Conforme apresentado no Capítulo 5 deste trabalho, segundo IBAMA (1995), as ações de monitoramento têm por objetivo o planejamento e o controle permanentes da qualidade ambiental, a partir do início da implantação de um empreendimento, independentemente das ações de controle e fiscalização dos órgãos de meio ambiente.

Segundo BITAR et al. (1998), estas ações consistem na realização de medições e observações específicas dirigidas, em geral, a alguns poucos indicadores e parâmetros, com objetivo da verificação se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, em que intensidade e a eficiência das medidas mitigadoras adotadas.

Segundo avaliação constante do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), esta fase de monitoramento constitui-se em etapa indispensável para qualquer processo de administração da qualidade ambiental de um determinado empreendimento.

A implementação do monitoramento tem como objetivos principais, checar se os impactos ambientais previstos na fase de EIA realmente ocorreram e na forma e intensidade previstas, além da verificação se os sistemas de controle ambiental implantados estão funcionando de forma eficiente, tendo-se sempre como base os dados obtidos na fase de diagnóstico ambiental.

Conforme metodologia adotada para elaboração do EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), para implementação do programa deveriam ser estabelecidos os parâmetros indicadores que possibilitariam o acompanhamento dos fatores ambientais.

Para a seleção dos indicadores, foram considerados os seguintes critérios:

- nível de detecção compatível com as necessidades;
- precisão adequada às necessidades de controle;
- exatidão;
- reprodutividade;
- conhecimento de critérios e padrões;
- tecnologia acessível para amostragem, medição e análise;
- alto grau de correlação com outros parâmetros, permitindo ampla

explicação de fenômenos associados e

- viabilidade econômica para permitir monitoramento extensivo e intensivo.

A seguir, serão descritas as medidas de monitoramento previstas para os componentes ambientais selecionados.

## 10.1 Qualidade da Água Subterrânea

O objetivo principal da implementação do monitoramento da qualidade da água subterrânea, era indicar se o sistema de impermeabilização das valas estaria garantindo a sua estanqueidade.

No EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), este monitoramento foi considerado o mais importante, em razão de estar relacionado ao impacto mais significativo, qual seja, a contaminação da água subterrânea.

Foi prevista a implantação de uma rede de amostragem com, no mínimo, cinco poços de monitoramento, sendo dois situados a montante das valas de disposição, de forma a possibilitar a obtenção de dados sobre a qualidade da água anteriormente à sua percolação sob a área do aterro, e dois a jusante, todos alinhados transversalmente à direção preferencial de fluxo da água subterrânea.

Observa-se que esta proposição atende os quesitos estabelecidos pela norma NBR 10.157/87 da ABNT: Aterros de Resíduos Industriais Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação.

Como procedimento inicial, foi prevista a realização de uma série de amostragens para a caracterização da qualidade da água, anteriormente à implantação do empreendimento. Com a evolução do empreendimento, novos poços deveriam ser instalados, de forma a possibilitar o acompanhamento da operação dessas novas valas.

As valas para resíduos Classe I foram projetadas com monitoramento intrínseco uma vez que, conforme já apresentado na Caracterização do Empreendimento, foi prevista a implantação de um sistema de detecção de vazamentos, para verificação quando o percolado ultrapassasse o primeiro nível de impermeabilização.

A periodicidade de amostragem foi prevista para ocorrer a cada três meses, de forma que fossem coletadas amostras em todas as estações climáticas, podendo este período ser modificado, caso fosse necessário. A seleção de parâmetros seria dinâmica, uma vez que não foram estabelecidos, *a priori*, os resíduos a serem dispostos no aterro e, conseqüentemente, os potenciais contaminantes a serem gerados.

Segundo o estabelecido no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de

Água (CETESB, 1987), foi sugerido que fossem analisados, pelo menos, os seguintes parâmetros:

- a) indicadores de contaminação: pH, condutividade, TOC e TOX.
- b) características de qualidade: cloreto, ferro, manganês, sódio, fenóis e sulfato.

Também foi previsto que fossem analisados outros parâmetros específicos, dependendo dos resíduos a serem dispostos. Como exemplo, foram citados os metais e produtos orgânicos específicos.

Deve-se observar que o monitoramento não foi relacionado com os diversos aquíferos locais, deduzindo-se que este seria efetuado apenas no nível mais superficial, ou seja, no nível freático.

Não foi justificada, também, a não implantação de monitoramento nas áreas externas ao aterro, de forma a verificar a migração de plumas de contaminação além de seus limites.

## 10.2 Qualidade da Água do Ribeirão das Palmeiras

No Diagnóstico Ambiental, já foi efetuada uma caracterização da qualidade do ribeirão das Palmeiras, sendo que o programa de monitoramento, neste caso, permitiria que fosse verificado se a operação do empreendimento causou modificações significativas na qualidade deste corpo d'água.

Foi definido que seriam selecionados um ponto a montante e outro a jusante do empreendimento, para efeito de coleta de amostras, tendo sido definida uma periodicidade de três meses para estas coletas, seguindo as diretrizes do Manual de Coleta de Amostras de Água (CETESB, op. cit.) Ressalta-se que, também neste caso, a periodicidade da amostragem poderia ser alterada.

- Os parâmetros de amostragem, que também possuem um caráter dinâmico, representam uma seleção preliminar, sendo estes: pH, cor, turbidez, sólidos totais, sólidos em suspensão, DBO, DQO, OD, ferro solúvel, manganês, e fenóis.

Foi previsto ainda que fossem incluídos parâmetros relacionados a contaminantes específicos, presentes nos resíduos dispostos e no efluente da ETE, identificados após a construção do aterro.

### 10.3 Efluente da Estação de Tratamento de Percolado

Este programa de monitoramento somente seria implementado caso a ETE efetivamente gerasse efluente e que fosse necessário seu lançamento no corpo receptor.

O objetivo a ser alcançado com este monitoramento consistiria na avaliação da eficiência da ETE e se o efluente seria compatível com a legislação vigente (Decreto Estadual - 8468/76).

Concluiu-se que, nesta fase dos estudos, não foi possível o estabelecimento dos parâmetros que deveriam ser analisados, uma vez que também não foi possível determinar-se as características do percolado. Dessa forma, os parâmetros deverão ser selecionados *a posteriori*, como também a periodicidade das análises.

### 10.4 Considerações sobre o Programa de Monitoramento

A partir da avaliação do monitoramento proposto, tem-se que diversas ações do empreendimento, bem como suas instalações, não foram objeto do desenvolvimento de planos específicos de monitoramento, tais como o sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem de líquidos percolados, recalques nas valas de disposição, transporte dos resíduos, etc.

Dessa forma, entende-se que seria muito mais adequada a proposição de um sistema de gestão ambiental, no qual fosse englobado o monitoramento previsto, além de possibilitar o acompanhamento de todas as ações, consideradas com algum potencial de impacto, e da operação de todas as instalações do aterro.

Somente a partir de uma ação global de acompanhamento, considera-se que o empreendimento estaria efetivamente controlado.

Outras ações também poderiam ter sido incorporadas, por meio de programas específicos, podendo-se citar, como exemplo, a implementação de um programa de comunicação social, por meio do qual toda a população potencialmente afetada pelo aterro seria periodicamente informada sobre suas atividades e ações de controle principais, já a partir da fase de licenciamento ambiental, uma vez que, conforme apresentado no Capítulo 3, a mobilização social contrária à implantação do empreendimento foi um dos fatores que pesaram na decisão do empreendedor de não implantá-lo.

## 11 ANÁLISE CRÍTICA DO PROCESSO DE AIA

Neste capítulo, será apresentada uma análise crítica do EIA, bem como de todo processo de AIA, além das conclusões dos pareceres que serviram de base para elaboração do Parecer Técnico do Daia.

### 11.1 Comentários sobre o EIA

De um modo geral, o EIA do Aterro Industrial Brunelli apresentou falhas bastante importantes no que se refere ao diagnóstico ambiental, avaliação de impactos e proposição de medidas mitigadoras, falhas estas que se refletiram sobremaneira na interpretação dos aspectos do meio físico.

A seguir, serão comentados os principais problemas encontrados no EIA, com ênfase aos aspectos do meio físico. Observa-se, que os comentários aqui apresentados referem-se a uma síntese dos comentários que foram apresentados nos capítulos específicos, além de outros referentes aos aspectos mais gerais do processo de AIA.

#### Justificativa Locacional

Na metodologia de AIA, os estudos a serem desenvolvidos para a seleção da área devem ser tais que a alternativa locacional selecionada seja aquela que possibilite o menor número de conflitos com as atividades já instaladas ou a serem desenvolvidas no entorno do empreendimento; além disso, que tenha uma condição tal que os impactos de sua implantação e operação sejam bastante minimizados, em função das condições ambientais locais.

Os estudos do meio físico desenvolvidos para a seleção da área do empreendimento, conforme apresentado em item específico, compreenderam levantamentos em escalas muito regionais (1:100.000) de forma que especificidades das áreas selecionadas não

puderam ser detectadas, como por exemplo, no caso da geologia, as variações das características locais, como áreas com ocorrência de estruturas geológicas importantes, existência de mantos de alteração proeminentes, variações litológicas, etc., que não puderam ser identificadas.]

Dessa forma, entende-se que as observações contidas no Parecer Técnico do IPT (1994) e a metodologia proposta por esse Instituto, ou seja, [a adoção de procedimentos multi-etapas, seria muito mais adequada para a seleção da área mais apropriada para implantação do empreendimento. Observa-se que qualquer que fosse a metodologia utilizada, seria fundamental a análise e apresentação de mapas em escala de semi-detalhe, por exemplo, 1:25.000.]

Na análise da própria TABELA 01, referente à ponderação de temas e sub-temas, pode-se verificar que certos aspectos não foram considerados como, por exemplo, a existência de drenagens, o que corrobora o fato da área número sete ter sido eliminada por se encontrar em cabeceiras de corpos d'água.

Outro ponto refere-se à afirmação que todas as áreas pré-selecionadas encontravam-se sobre o Grupo Passa Dois, quando na verdade a área selecionada encontra-se sobre uma suíte básica pertencente ao Grupo São Bento, situação estratigráfica esta que, provavelmente, não foi identificada na escala 1:100.000.

Quanto à questão hidrogeológica, a seleção também se baseou em dados bastante regionais, não levando em conta, também neste caso, as diferenciações locais, além de ter sido considerado apenas um aspecto da questão, ou seja, a permeabilidade média atribuída às formações pertencentes ao Grupo Passa Dois, e desconsiderados outros aspectos de vulnerabilidade dos aquíferos, tais como, profundidade do nível d'água, espessura do capeamento de solo, estruturação da rocha, etc.

[Outro ponto que merece destaque refere-se ao fato de ter sido delimitado um raio de 2 km em torno de áreas urbanas, sendo justificado que os municípios não possuíam planos diretores aprovados. Levando-se em conta o intenso processo de expansão urbana da região considerada e o longo período previsto para operação do empreendimento, em torno de 15 anos, esta limitação mostra-se bastante inócua.]

[Por fim, cabe a observação que havia um grande interesse que a área fosse locada em propriedade do empreendedor, o que conferiria ao empreendimento vantagens econômicas e logísticas, uma vez que não seria necessária a compra da área e o disciplinamento do uso do solo e infra-estrutura no entorno, também seriam questões a serem definidas apenas pelo empreendedor.] Essa questão que não foi suficientemente tratada no EIA.

## Caracterização do Empreendimento

[ No item referente à caracterização dos resíduos a serem destinados ao aterro, foi afirmado que o perfil destes resíduos não deveria ser muito alterado ao longo do tempo, o que tem que ser aceito com certa reserva, uma vez que com os avanços tecnológicos sempre em curso, diversos fatores podem alterar este perfil, como troca de matéria prima, minimização da geração de resíduos pelas mudanças nos processos industriais, implementação de processos de reciclagem, etc.

Outra questão não avaliada refere-se à possibilidade de colmatção dos drenos de líquidos percolados, o que poderia inviabilizar todo sistema de drenagem sub-superficial proposto. ]

## Diagnóstico Ambiental

Neste caso, serão tratadas as questões relacionadas ao meio físico.

[ O primeiro ponto a ser comentado refere-se à escala dos levantamentos locais, que foi de 1:2.500. A partir desta escala, foi representado no EIA, numa primeira fase de levantamentos, apenas os limites da área de intervenção direta. Tal fato comprometeu muito os estudos apresentados, pois a área considerada como de influência direta para os processos do meio físico decorrentes da implantação e operação do aterro deveria referir-se, no mínimo, à sub-bacia do ribeirão das Palmeiras, ] depois corretamente representada na escala 1:10.000.

Mesmo no mapeamento geológico local, em escala 1:10.000, não foram representadas as feições e lineamentos estruturais existentes na área, conforme identificado por RICCOMINI (1995).

[ Devido às incorreções detectadas nos mapas apresentados, em termos da identificação das formações geológicas, bem como das condições estruturais da área de influência, as relações estratigráficas das diferentes formações que ali ocorrem também não foram satisfatoriamente esclarecidas.

Em razão das deficiências na caracterização geológica, a hidrogeologia também apresentou imperfeições em nível de semi-detalle. ]

Em nível de detalhe, não foi esclarecido se na unidade intermediária constituída por rocha decomposta, as estruturas encontradas da rocha sã encontravam-se preservadas e se poderiam funcionar como caminhos preferenciais de fluxo de água subterrânea, apesar dos

ensaios de permeabilidade realizados neste extrato resultarem nos mais baixos coeficientes de permeabilidade natural ( $1,2$  a  $8,0 \times 10^{-6}$  cm/s), comparativamente aos outros níveis mapeados.

### **Avaliação de Impacto Ambiental - AIA**

{ Em função das imperfeições, detectadas, principalmente na fase de diagnóstico ambiental, a etapa de AIA também foi bastante prejudicada.

{ O primeiro ponto, tratado no item referente à disponibilidade de terras para implantação do empreendimento, diz respeito ao fato da região possuir vocação essencialmente agrícola. Assim, a proposição de um uso bastante diferenciado poderia resultar, como de fato ocorreu, em mobilização da sociedade civil, principalmente da população residente no entorno da área selecionada, basicamente em razão do desconhecimento dos riscos ambientais da implantação e operação do empreendimento, além da presunção que este provocaria depreciação econômica das terras, conforme declarações de moradores da região } (Capítulo 3).

{ Quanto à possibilidade de contaminação da água subterrânea, impacto este considerado como o mais significativo dentre todos os analisados, já foi mostrado que a avaliação efetuada, carece de uma melhor caracterização das condições geológicas e hidrogeológicas da área. Além deste fato, tem-se que a suscetibilidade do aquífero à contaminação, deveria ter sido avaliada levando-se em conta todos os fatores relacionados à condição hidrogeológica da área, como profundidade do n.a., espessura do manto de alteração, estruturação do solo e subsolo, etc., de forma combinada com os processos de atenuação da migração dos contaminantes e relacionados à sua dispersão, retenção e biodegradação, conforme foi analisado no Estudo sobre Impacto de Emissões Acidentais de Percolado.

→ Entende-se ainda, que seria de fundamental importância o desenvolvimento de uma modelagem referente à migração dos poluentes no solo. Deve-se observar que o solo local foi satisfatoriamente caracterizado e essa caracterização poderia ser complementada com análises de capacidade de troca catiônica, pH, etc., de forma a poder haver um cruzamento com o comportamento no solo de determinados poluentes, inferidos a partir dos principais resíduos que seriam destinados ao aterro, resíduos estes já identificados.

Dessa forma, mesmo num nível preliminar, este impacto poderia ter sido quantificado quanto à probabilidade de determinados compostos químicos atingirem o nível freático, podendo também ser inferidos o tempo necessário para a migração dos compostos e em

qual concentração estes atingiriam a água subterrânea. ]

{ Em razão dessa avaliação não ter sido realizada a contento, foram propostos sistemas de impermeabilização das valas bastante complexos, de forma que a segurança da não contaminação da água subterrânea foi transferida das condições naturais do terreno, para o processo tecnológico adotado, ou seja, implantação de *Liners*. ]

{ Quanto à contaminação do solo e subsolo, foi avaliado que, caso ocorresse, deveria ser imediata, porém, bastante localizada, sendo que a partir do cruzamento com sua capacidade de assimilação, foi atribuído a este impacto caráter negativo e intensidade média. Entende-se que para a correta classificação da significância deste impacto, deveria ter sido analisada também a consequência dessa contaminação, pois conforme avaliado no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992), este já se encontra totalmente apropriado pelo empreendedor e possíveis restrições de uso futuro da área não implicariam maiores consequências. ]

Comentário semelhante cabe ao fato da alteração do perfil do solo ter sido identificada como impacto negativo, sem que se analisasse as consequências negativas dessa alteração; *a priori*, admitiu-se que não ocorreriam problemas de redirecionamento da drenagem natural ou instabilizações na área como, por exemplo, desencadeamento de processos erosivos.

{ Quanto às implicações do empreendimento na qualidade das águas superficiais e, mais especificamente, na qualidade das águas do ribeirão das Palmeiras, tem-se as seguintes considerações:

- em função do balanço hídrico realizado para a área, avaliou-se que a vazão de líquido percolado a ser gerada seria bastante baixa, possivelmente até inexistente; porém, não foram desenvolvidos estudos para a quantificação do volume de líquidos percolados, considerando, além do balanço hídrico, as especificações de projeto voltadas para a minimização da entrada das águas pluviais nas valas, como construção de diques, cobertura provisória das valas para Classe I, etc. e

- a reduzida vazão do ribeirão das Palmeiras, o que poderia implicar a impossibilidade de lançamento dos efluentes, devido ao grande impacto sobre esta drenagem. Dessa forma, deveriam ter sido consideradas outras possibilidades de destinação dos efluentes tal como sua remoção e encaminhamento para terceiros. Também os impactos sobre o ambiente de várzea não foram suficientemente discutidos, uma vez que este ambiente foi considerado como bastante sensível em termos ambientais. ]

## Medidas Mitigadoras

As medidas mitigadoras relacionam-se, basicamente, ao projeto desenvolvido para a fase de elaboração do EIA, principalmente no que se refere à adoção de sistemas de proteção ambiental e premissas básicas a serem adotadas para o desenvolvimento de projetos específicos, e não a medidas adicionais para mitigação dos impactos identificados.

Os principais comentários referentes a esta fase são os seguintes:

- foi proposta a adoção de um controle tecnológico efetivo, com vistorias e inspeções de todas as atividades do aterro. Esta medida refere-se, na verdade, a um programa de acompanhamento, que se constitui num monitoramento geral do aterro, o que pode ser entendido como a proposição do desenvolvimento de um programa de gestão ambiental. Poderiam ser incluídos neste programa, portanto, todos os processos de monitoramento que idealmente devem se referir a todas as ações que potencialmente poderiam trazer impactos ambientais à área de influência do empreendimento;

- para a fase posterior à desativação do empreendimento, foi proposta revegetação e utilização da área como pastagem. Anteriormente à definição do uso futuro da área, deveria ter sido proposta uma avaliação das possíveis implicações da revegetação do solo colocado sobre as valas de resíduos, de forma que fossem avaliados os riscos de possíveis contaminantes serem absorvidos pela vegetação e incorporados à cadeia alimentar; e

- foi proposta a realização de manutenção periódica apenas do sistema de drenagem superficial, sem justificar a não indicação de procedimento semelhante para todos os outros sistemas.

## Programa de Monitoramento

Conforme já mencionado no item de monitoramento, determinadas ações do empreendimento, bem como diversos de seus sistemas e instalações, não foram objeto de proposição de programas específicos de acompanhamento. Entende-se que somente a partir do acompanhamento de todos os fatores intervenientes na implantação e operação do aterro, este estaria devidamente controlado, o que poderia ser realizado através da adoção de um amplo programa de gestão ambiental.

Quanto à adoção de um programa de gestão ambiental, o Consema na

Deliberação - 042 (21.12.95), fez a seguinte exigência:

- “...que o empreendedor, para obter a Licença de Instalação, apresente à Cetesb proposta de adoção de instrumentos de gestão ambiental adequados para garantir a manutenção, a longo prazo, da qualidade ambiental da área do empreendimento e, desta forma, prevenir danos ambientais após sua desativação.”

## **11.2 Os Pareceres Técnicos das Instituições**

Inicialmente, serão apresentadas as conclusões, comentários, recomendações e exigências contidas no Parecer do Daia, bem como nos diversos pareceres que serviram de base para sua elaboração.

### **11.2.1 Parecer Técnico do Daia**

A partir da avaliação do EIA, o Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente (SMA, 1995) concluiu que o empreendimento era ambientalmente viável na forma e condições preconizadas. Esta conclusão baseou-se, principalmente, nos seguintes fatores:

- grande produção de resíduos industriais na região de Piracicaba e a falta de instalações adequadas para sua disposição;
- a necessidade do atendimento de normas ambientais específicas para o tratamento e disposição de resíduos sólidos industriais;
- o local selecionado para implantação do empreendimento possuir capacidade para suportar os impactos resultantes de sua implantação e operação;
- o ante-projeto apresentado no EIA, ter sido elaborado conforme diretrizes das normas e padrões preconizados para este tipo de empreendimento, além de ser prevista a adoção de uma série de medidas de proteção ambiental;
- a previsão de implantação de planos de acompanhamento e de medidas corretivas, de forma a garantir a adequada operação do empreendimento;
- possibilitar o armazenamento dos resíduos numa unidade centralizada, de forma a facilitar muito as ações de controle e fiscalização da Cetesb;

- a inexistência de núcleos habitacionais na área de influência direta do empreendimento; e

- a inexistência de recursos naturais expressivos na área de influência do empreendimento, como mananciais, cobertura vegetal natural, etc.

Como considerações finais, no Parecer do Daia constam as seguintes exigências:

- na elaboração do projeto executivo, deverão ser objeto de detalhamentos específicos a metodologia e os procedimentos para compactação dos solos naturais da área, de forma que estes atendam às premissas apresentados no EIA;

- após a caracterização dos líquidos percolados gerados pelo aterro, deverão ser desenvolvidos estudos específicos para verificação da capacidade atenuadora dos solos da área em relação à migração dos contaminantes identificados. Essa exigência está relacionada também à necessidade de aperfeiçoar a rede de monitoramento da água subterrânea, bem como fornecer subsídios a possíveis medidas de remediação, a serem adotadas no caso de emissões de percolados ao meio ambiente;

- deverão ser detalhados, no projeto executivo, os sistemas de proteção ambiental a serem implantados nas áreas de armazenamento emergencial;

- além do detalhamento dos planos de monitoramento apresentados, devem ser incorporados planos específicos para acompanhamento da hidrogeologia da área de armazenamento temporário e da geotecnia do aterro, principalmente no que se refere à ocorrência de recalques, o que poderia comprometer os sistemas de drenagem de líquidos percolados;

- quando do encerramento das atividades do aterro, deveria ser apresentada uma avaliação sobre os riscos de alimentação do gado com gramíneas e

- com o objetivo de dotar o aterro do maior nível de segurança possível, no caso da ocorrência de emissões acidentais de percolados detectados pelos sistemas de monitoramento, deveria ser feita imediata readequação das valas em que ocorressem os vazamentos, inclusive, se necessário, com a retirada dos resíduos já aterrados. De forma complementar, deverão ser feitos o mapeamento e a caracterização da pluma de contaminação e implementação imediata de medidas de remediação.

### 11.2.2 Parecer Técnico da Digeo

A partir de sua análise, a Divisão de Geologia do IPT (IPT, 1994) concluiu que o empreendimento seria uma importante contribuição para a resolução de um quadro extremamente adverso relativo ao gerenciamento dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo. Porém, na fase subsequente de licenciamento (Licença de Instalação), os estudos apresentados deveriam ser complementados de acordo com os tópicos discutidos na análise. As principais questões levantadas foram as seguintes:

- a caracterização do meio físico, na área do empreendimento, não se apresenta satisfatoriamente equacionada, e os trabalhos não foram bem planejados. Apesar da realização de levantamentos geofísicos e de sondagens rotativas e a trado, além da execução de vários ensaios, a partir dos resultados obtidos não foi possível ter uma visão mais ampla da geologia e hidrogeologia da área, principalmente pelo fato destas investigações se concentrarem na porção superior do perfil não saturado. Foi observado também que os parâmetros que expressam as características atenuadoras do solo em relação à migração de poluentes não foram estudados;

- a aplicação da metodologia para a seleção da área não foi realizada a contento, tendo sido recomendada a adoção de procedimento multi-etapas que consiste, numa primeira etapa, na classificação da área em zonas homogêneas quanto à aptidão para receber o empreendimento. Dentre as zonas homogêneas, seria dada prioridade à zona mais favorável, dentro da qual seria executada uma análise mais apurada. Uma vez obtido um conjunto de áreas potencialmente adequadas, por meio do processo decisório seria indicada a área de instalação levando-se em conta aspectos ambientais, legais, econômicos, políticos sociais, etc., sendo todas as justificativas claramente apresentadas.

Foram apresentadas as seguintes recomendações para a continuidade de implantação do empreendimento, as quais foram incorporadas como exigências no Parecer Técnico do Daia:

- os sistemas de drenagem superficial na área de intervenção deveriam receber especial atenção para não atuarem como pontos deflagradores de erosão, nos pontos de distribuição das águas pluviais;

- o material escavado deveria ser cuidadosamente compactado, especialmente nas regiões inferiores topograficamente, onde também seriam implantadas valas, de forma que fossem evitados problemas de erosão e instabilização destes materiais;

- deveria ser investigada a capacidade atenuadora da migração de contaminantes do solos da área de intervenção e
- os trabalhos de impermeabilização das valas e compactação dos solos, até os coeficientes estabelecidos em projeto (da ordem de  $10^{-7}$  cm/s), deveriam ser acompanhados através de fiscalização externa de órgão de referência.

### 11.2.3 Parecer Técnico da Escola Politécnica da USP

A partir da análise, foram relacionadas algumas recomendações referentes aos sistemas de impermeabilização (MELLO, 1994). As recomendações, incorporadas como exigências no Parecer Técnico do Daia, foram as seguintes:

- quando da elaboração do detalhamento do projeto das valas de disposição de resíduos Classe II, deveria ser analisada a necessidade da incorporação de uma geomembrana de PEAD a ser instalada logo acima do aterro compactado de fundo, além de outra no sistema de cobertura da vala;
- os drenos para condução de líquidos percolados nas valas para disposição de resíduos Classe II, deveriam ser implantados acima da camada de impermeabilização de fundo e não serem inseridos nesta camada conforme proposto, de forma que a espessura de material compactado abaixo dos drenos seja de 1 m;
- deveriam ser induzidas declividades acentuadas nos sistemas de impermeabilização superior das valas para disposição de resíduos Classes I e II, de forma a favorecer um escoamento eficiente das águas infiltradas e conseqüente diminuição do gradiente hidráulico atuante sobre as geomembranas. Foi observado, ainda, que essas declividades deveriam ser fixadas a partir de rigorosos estudos de adensamento de resíduos; e
- devido à necessidade de absoluta estanqueidade em relação à migração de líquidos percolados, as técnicas a serem utilizadas para a instalação das geomembranas de PEAD, deveriam ser bem especificadas e fiscalizadas para que fossem evitados problemas construtivos que comprometessem seu comportamento futuro.

#### **11.2.4 Parecer Técnico do Instituto de Geociências da USP**

Com base nas conclusões do Parecer Técnico do Instituto de Geociências da USP (RICCOMINI, 1995), foi incorporada a seguinte exigência no Parecer do Daia:

- em razão da análise ter identificado algumas imperfeições nos mapas geológicos apresentados no EIA, estes deveriam ser revisados anteriormente à elaboração do projeto executivo, e incorporadas as estruturas geológicas que pudessem ser mapeadas na escala 1:10.000, com identificação dos esforços geradores e suas possíveis relações com feições tectônicas regionais;

A justificativa para a incorporação desta exigência, referiu-se à necessidade de compreensão mais exata dos condicionantes geológicos que determinariam o fluxo da água subterrânea na área, permitindo um detalhamento adequado do monitoramento hidrogeológico a ser implantado bem como, no caso da geração de plumas de contaminação a partir de emissões acidentais de percolado, fosse possível a identificação de sua distribuição espacial e avaliação da velocidade de migração.

Observou-se, ainda, que uma caracterização adequada da área poderia balizar futuras medidas de remediação a serem adotadas, e que uma melhor avaliação de suas condições estruturais, poderia ser feita a partir do acompanhamento das escavações realizadas no local em razão, principalmente, do alto grau de alteração que as rochas apresentam.

#### **11.2.5 Parecer Técnico do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp**

Como conclusão deste Parecer (COTTAS, 1993b) e apesar das informações complementares apresentadas, tem-se que não foram esclarecidas no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) as reais condições geológicas do local do empreendimento. Levando em conta as evidências da inadequabilidade da área, levantadas a partir da análise estrutural fotogeológica realizada, o Departamento de Geologia Aplicada manifestou-se contrário à aprovação do referido Estudo.

### 11.3 Comentários Gerais sobre o Processo de AIA

O processo de avaliação de impacto ambiental desenvolvido para o licenciamento do Aterro Industrial Brunelli, foi bastante moroso e complexo, conforme analisado neste trabalho. É relevante o fato do posicionamento contrário dos moradores do entorno da área selecionada para sua implantação e de entidades ambientalistas, avaliando-se que esse fato deve-se, fundamentalmente, à pouca importância dada no EIA a programas de comunicação, nos quais deveria ser considerado o melhor aproveitamento do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem implementados desde a fase de planejamento do projeto, esclarecendo-se, desde a fase de planejamento, dos benefícios e riscos inerentes à esse tipo de projeto. Observa-se que a falta de unidades adequadas para disposição de resíduos pode resultar, muitas vezes, em lançamentos sem nenhum controle.

A partir da falta de entendimento claro da população potencialmente afetada sobre a proposta apresentada, conjugado com as falhas na elaboração do EIA, o processo de licenciamento foi bastante prejudicado, necessitando da participação de diversos especialistas.

Apesar das falhas identificadas, a Secretaria do Meio Ambiente posicionou-se favoravelmente ao licenciamento prévio do empreendimento, atestando sua viabilidade ambiental, com base, principalmente na necessidade de implantação de unidades centralizadas para tratamento e/ou disposição resíduos industriais e no fato da área possuir condições suficientes para suportar os impactos decorrentes da sua implantação e operação, ressaltando-se que foram estabelecidas diversas exigências para as fases subsequentes de licenciamento.

Quanto ao fato da escolha da área, entende-se que o empreendedor poderia ter adotado como premissa que o empreendimento deveria ser implantado na sua propriedade e a partir disto, ter realizado os estudos necessários para a avaliação da viabilidade ambiental de sua proposta.

Especial atenção tem que ser dada à caracterização do meio físico na área de influência, uma vez que essa caracterização está diretamente relacionada com impactos considerados como bastante significativos, ou seja, a possibilidade de contaminação do solo e da água. Dessa forma, deveriam ter sido realizados estudos especializados relativos à migração dos poluentes no solo e subsolo, em condições saturadas e não saturadas, de forma a serem determinadas as reais possibilidades de contaminação da área de influência.

## 12 CONCLUSÕES

A partir da análise crítica de todo processo de AIA do Aterro Industrial Brunelli, tem-se as seguintes conclusões:

- a metodologia adotada para o processo de seleção de áreas, não se mostrou como a mais adequada para as finalidades propostas; também foram identificadas imprecisões técnicas que comprometeram esse processo. O empreendedor deveria ter partido da premissa que o aterro seria implantado em área de sua propriedade e a partir daí, estudado sua viabilidade ambiental. No entanto, entende-se que a área teria capacidade de suporte para a implantação e operação do empreendimento de forma ambientalmente adequada, desde que adotadas todas as premissas do projeto proposto e as exigências estabelecidas pelo órgão ambiental;

- a caracterização do meio físico não foi desenvolvida a contento, restando grandes incertezas quanto ao comportamento litológico e estrutural das formações geológicas presentes na área, principalmente pelo fato das investigações diretas (sondagens rotativas e a percussão) terem sido realizadas apenas nos limites da área de intervenção direta e não na área de influência do empreendimento, definida para o meio físico como a sub-bacia do ribeirão das Palmeiras;

- não foram avaliados detalhadamente os riscos de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, levando-se em conta as condições climáticas e a suscetibilidade dos sistemas aquíferos locais, em função de sua profundidade e da capacidade atenuadora do solo. Seria fundamental o desenvolvimento de um modelo para determinação das condições de migração dos poluentes no solo, bem como da possibilidade destes atingirem o lençol freático e/ou aquíferos mais profundos, através do qual deveriam ter sido esclarecidos fatores como tempo e intensidade da contaminação;

- para que os riscos de contaminação da água subterrânea fossem admitidos como bastante baixos, foram desenvolvidos, no projeto, sistemas de impermeabilização bastante complexos que independem, de alguma forma, das condições de contorno impostos pelos solos e geologia locais. A partir das conclusões do Estudo sobre Emissões Acidentais de Percolado e

considerando-se os dados referentes ao balanço hídrico da região, não seria necessária a construção destes sistemas, o que contradiz as avaliações efetuadas no EIA (JAAKKO PÖYRY, 1992) com relação à contaminação da água subterrânea; e

- o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA não foi utilizado para a comunicação do público em geral sobre as finalidades, vantagens sociais e ambientais e os riscos da implantação e operação do empreendimento, uma vez que a população potencialmente afetada se colocou contra o empreendimento, muitas vezes alegando questões que não se relacionavam de forma alguma com sua operação, tais como a possibilidade da entrada de catadores, contaminação de sub-bacias próximas localizadas à montante da área do aterro, entre outras. Entende-se, portanto, que faltou o desenvolvimento de um programa específico de comunicação social, já na fase prévia de licenciamento.

Dessa forma, apesar da área selecionada ter condições ambientais de recepcionar o aterro industrial, uma melhor caracterização do meio físico e estudos mais detalhados quanto à real possibilidade de contaminação da água subterrânea incluindo-se, sempre que possível, avaliações quantitativas, poderiam ter agilizado, sobremaneira, o processo de avaliação do EIA, bem como todo processo de AIA, e transmitido mais segurança para os órgãos ambientais e à população em geral quanto a viabilidade ambiental do projeto.

### 13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983) *NBR 8418: Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_ (1984) *NBR 8419: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Urbanos, Procedimento*. São Paulo.
- \_\_\_\_\_ (1987). *NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação*. São Paulo.
- \_\_\_\_\_ (1987) *NBR 10157: Aterro de Resíduos Industriais Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação*. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_ (1997) *NBR 13895: Construção de poços de monitoramento e amostragem Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_ (1997) *NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro.
- BAZANI, G. (1992). *Central de Tratamento dos Resíduos Sólidos Industriais*. Parecer Técnico. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”. São Paulo, 5p., nov.
- BISSET, R. (1994) Métodos de AIA. In: *Avaliação de Impacte Ambiental - Conceitos, procedimentos e aplicações*. Editado por: Maria do Rosário Partidário e Júlio de Jesus. Lisboa, Portugal.
- BITAR, O. Y. et al. (1996). A abordagem do meio físico em EIA através do estudo de processos: um método recomendado para empreendimentos em ambientes tropicais. In: *Revista Avaliação de Impactos*. Seção Brasileira da “International Association for Impact Assessment - IAIA”. v.1 nº 2. p. 35-45.
- ✳ BITAR, O. Y. e ORTEGA, R. D. (1998) Gestão Ambiental. In: *GEOLOGIA DE ENGENHARIA*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. São Paulo.– SP p. 499-508
- BONI, N.R.; PAULA JR., D.R. (1993) *Avaliação do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da “Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais Brunelli S/A Agricultura”, elaborado pela JAAKKO PÖYRY Engenharia LTDA*. Parecer Técnico. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 6p., jul.
- ✳ COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB (1992). *Resíduos Sólidos Industriais*. Trabalho elaborado pelo corpo técnico da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. São Paulo, SP. p 234. 4/

- CLARK, B. (1994). O Processo de AIA: Conceitos Básicos. In: *AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL - CONCEITOS, PROCEDIMENTOS E APLICAÇÕES*. Editado por: Maria do Rosário Partidário e Júlio de Jesus. Lisboa, Portugal.
- CLÁUDIO, C. B. ; KONO, E. C. (1997) Evolução do quadro institucional no Estado de São Paulo nas últimas quatro décadas, com ênfase para AIA. *Revista Avaliação de Impactos*, Rio de Janeiro: IAIA, v.1, n.3, p. 96-105.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). *Resolução 001 de 23.01.86*. Publicada no Diário Oficial da União em 17.02.86.
- COTTAS, L.R. (1993). *Parecer Técnico*. Universidade Estadual Paulista. Departamento de Geologia Aplicada. Rio Claro, 3p, mar.
- \_\_\_\_\_ (1993). *Parecer Técnico*. Universidade Estadual Paulista. Departamento de Geologia Aplicada. Rio Claro, 3p, nov.
- ✧CUNHA, M. A.; CONSONI, A. J. (1994) Environmental studies related to solid waste disposal in the State of São Paulo, Brazil. *7<sup>th</sup> International IAEG Congress*, Vol. IV, p. 2381 - 2384, Balkema, Rotterdam, Portugal.
- ✧CUNHA M. A.; CONSONI A. J. (1995) Os Estudos do Meio Físico na Disposição de Resíduos. In: *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. SÃO PAULO – SP. p. 217-227.
- ✧ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (1989). *Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction and Closure*; EPA/625/4-89/022. Cincinnati, U.S, 127p.
- \_\_\_\_\_ (1989). *Seminar Publication. Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure*. US, EPA.
- \_\_\_\_\_ (1994). *Seminar Publication. Design, Operation, and Closure of Municipal Solid Waste Landfills*. US, EPA.
- ✧FORNASARI FILHO, N et al (1992). *Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia*. São Paulo (IPT. Publicação 1972; Boletim 61).
- ✧FORNASARI FILHO, N.; BITAR, O. Y. ( 1995) O Meio Físico em Estudos de Impacto Ambiental - EIA. In: *Curso de geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. SÃO PAULO. p.151-163.
- ✧GUEDES, P. P. (1991) Aterros Industriais. In: *II Simpósio Sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos - REGEO'91. Anais*. Rio de Janeiro, v. 2, p. 305 - 317.
- HEITZMANN JR., J.F. (1999) *Alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na bacia do rio Piracicaba, São Paulo, Brasil*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE. Síntese de tese, 9. São Paulo, 66 p.

- ✧ INFANTI N JR. N. e FORNASARI FILHO N. (1998). Processos de Dinâmica Superficial. In: *Geologia de Engenharia*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA. SÃO PAULO, p.131-152.
- ✧ INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (Ibama) (1995). *Avaliação de Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas*. Brasília, p.131
- JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA. (1992) *Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima) da "Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais Brunelli S/A Agricultura"*. São Paulo, 4 vol.
- ✧ INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT (1994) SP. Avaliação de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – Rima relativos ao Processo para obtenção de Licença de Instalação de Central de Resíduos Sólidos Industriais da Brunelli S.A. Agricultura, no Município de Piracicaba, SP; *Relatório Técnico Digeo 32.209/93*. São Paulo, 24p.
- \_\_\_\_\_ (1995). *Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo, p.278
- MARQUES, M. A. M. et al. (1995) Licenciamento prévio de unidades de disposição de resíduos urbanos na Secretaria do Meio Ambiente - SP. In: "III SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS (REGEO'95)". *Anais*. Ouro Preto, p. 626-636.
- MARQUES, M. A. M. e GANDOLFI, N. (1999). O meio físico no processo de avaliação de impacto ambiental – AIA do aterro industrial Brunelli – Piracicaba (SP). In: "IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA". *Anais (Artigo 61 do cd room)*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE. São Pedro (SP).
- MELLO, L.G. (1994) *Impermeabilização das Áreas de Disposição de Resíduos "Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais Brunelli S.A. Agricultura"*; Parecer elaborado pelo Eng. Luiz Guilherme F. S. de Mello. Parecer Técnico. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. São Paulo, 4p., abr.
- OLIVEIRA, A. M. dos S.; BITAR O. Y.; FORNASARI FILHO N. (1995) Geologia de Engenharia e Meio Ambiente. In: CURSO DE GEOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo. p. 07-15.
- RICCOMIMI, C. (1995) *Avaliação das Condições Geológicas da Área preconizada para Implantação da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais da Região de Piracicaba - Brunelli S.A. Agricultura*. Parecer Técnico. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências. São Paulo, 11p., fev.
- ROCCA, A. C. C. et al. (1993) *Resíduos Sólidos Industriais*. Trabalho elaborado pelo corpo técnico da CETESB. 2ª ed. São Paulo, CETESB, 233p.
- SÁNCHEZ, L. E.; DIAS, E. G. C. S.; MATOS, L. A. T. e NASCIMENTO, M. C. B. (1996). *The endless search for scientific information in environmental decision-making: examples from a NIMBY case study*. In: 16<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment, Estoril, Portugal, Conference Proceedings, v1, p. 407-412.

SÁNCHEZ, L. E. (1998) As etapas iniciais do processo de Avaliação de Impacto Ambiental. In: AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL, SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE - SP. São Paulo, p. 35-55.

\* SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SMA (1991) *Manual de Orientação - Critérios de Exigência de EIA/RIMA e roteiros para sua elaboração em relação a usinas de reciclagem e/ou compostagem, aterros para resíduos sólidos domiciliares e industriais e incineradores*. São Paulo, SMA/Cetesb. 35 p. (série manuais).

\_\_\_\_\_ (1995) *Roteiro para Elaboração de Relatório Ambiental Preliminar de Sistemas de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos*. São Paulo, p. 09.

\_\_\_\_\_ (1994). Resolução SMA – 042/94 de 29.12.94. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (1997) *Resolução SMA - 050/97 de 25.07.97*. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (1998) *Resolução SMA - 013/98 de 27.02.98*. Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (1995) Coordenadoria de Proteção de Recursos Naturais - CPRN (1995) *Parecer Técnico referente à Análise de EIA/Rima da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais – Brunelli S/A Agricultura*; Parecer Técnico CPRN/DAIA 0016/95. São Paulo, 36p., anexo.

\* TRESSOLDI, M. e CONSONI, A. J. Disposição de Resíduos. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA São Paulo – SP, 1998. p.342-360.

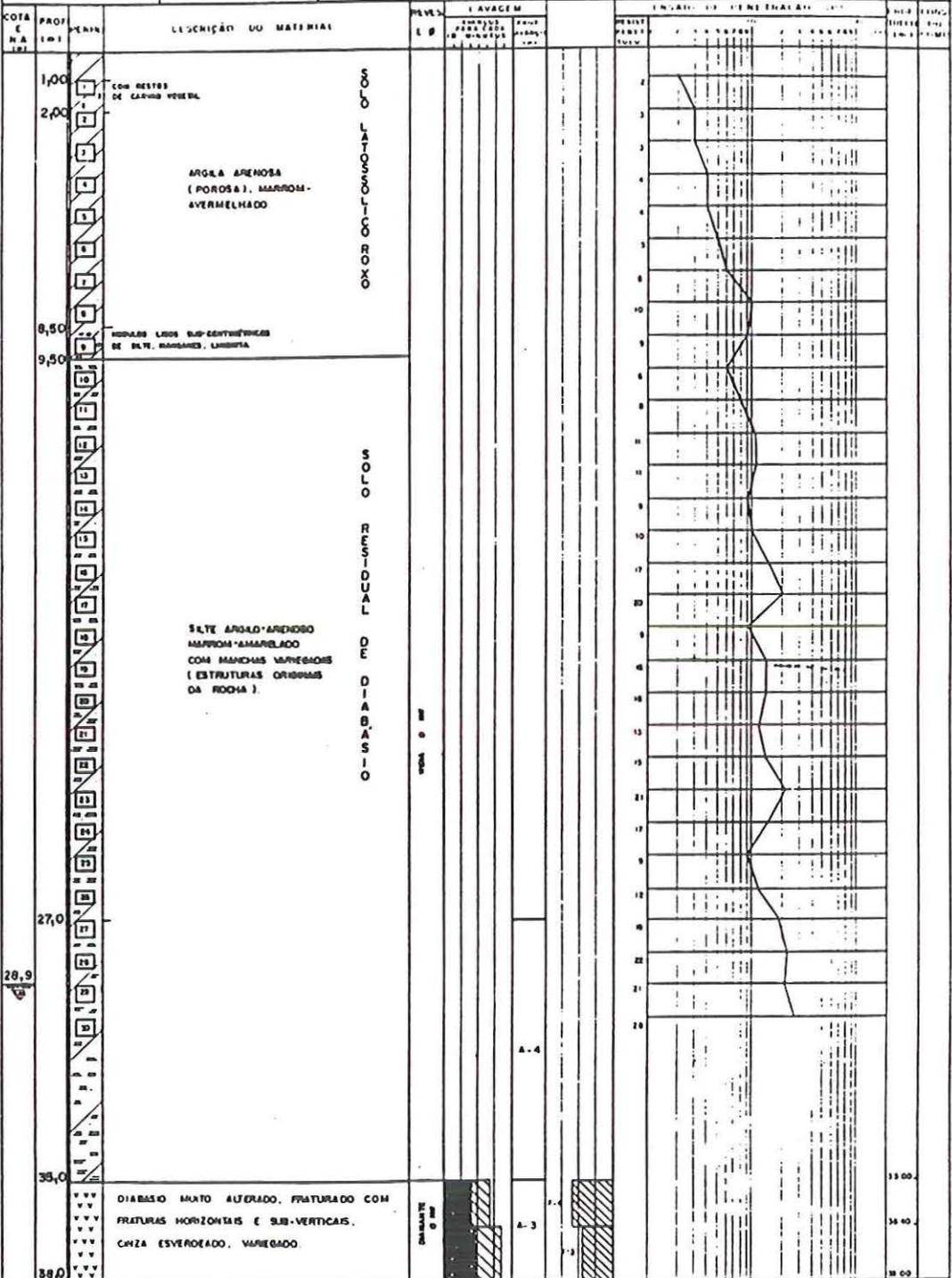
WATHERN, P. (1988) An introductory guide to EIA. In: P. WATHERN (ORG.). *Environmental Impact Assessment. Theory and Practice*, Unwin Hyman, London, p. 3-30.

\* ZUQUETTE , L. V. (1987) *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para condições Brasileiras*. São Carlos. 3 v. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; SINELLI, O. ; GANDOLFI, N. (1994) Methodology of Specific Engineering Geological Mapping for Selection of Sites for Waste Disposal. In : *7<sup>th</sup> INTERNATIONAL IAEG. Proceedings*. Balkema, Rotterdam, Portugal. v. iv, p. 2481 – 2489.

## **APÊNDICE – Boletins de sondagem**

EXECUTADA POR SONDOSOLO LTDA	DATA INÍCIO: 02.09.82 TÉRMINO: 01.10.82	INCLINAÇÃO: VERTICAL RUMO:	RODOVIA	Km OU ESTACA AFAST.	SPR 02 COTA m
---------------------------------	---	----------------------------------	---------	------------------------	------------------



NOTA:

GRAU DE ALTERAÇÃO DE SOLO DE FRATURAMENTO  
 GRAU DE INSUAISIDADE DE PEDA D'AGUA (cm/m)

<b>SONHAMA</b> Engenharia e Projetos Ltda Rua: ... Fone: ...		PROJETO: ... DATA: ... CEN: ... APROV: ... ESCALA: 1:100		SIGLA: ... VERIF: ... FOLHA: ... CODIGO: ...	
---	--	--	--	---	--



CLIENTE: **JAAKKO POYRY ENGENHARIA LTDA** REF: **SP-5151**

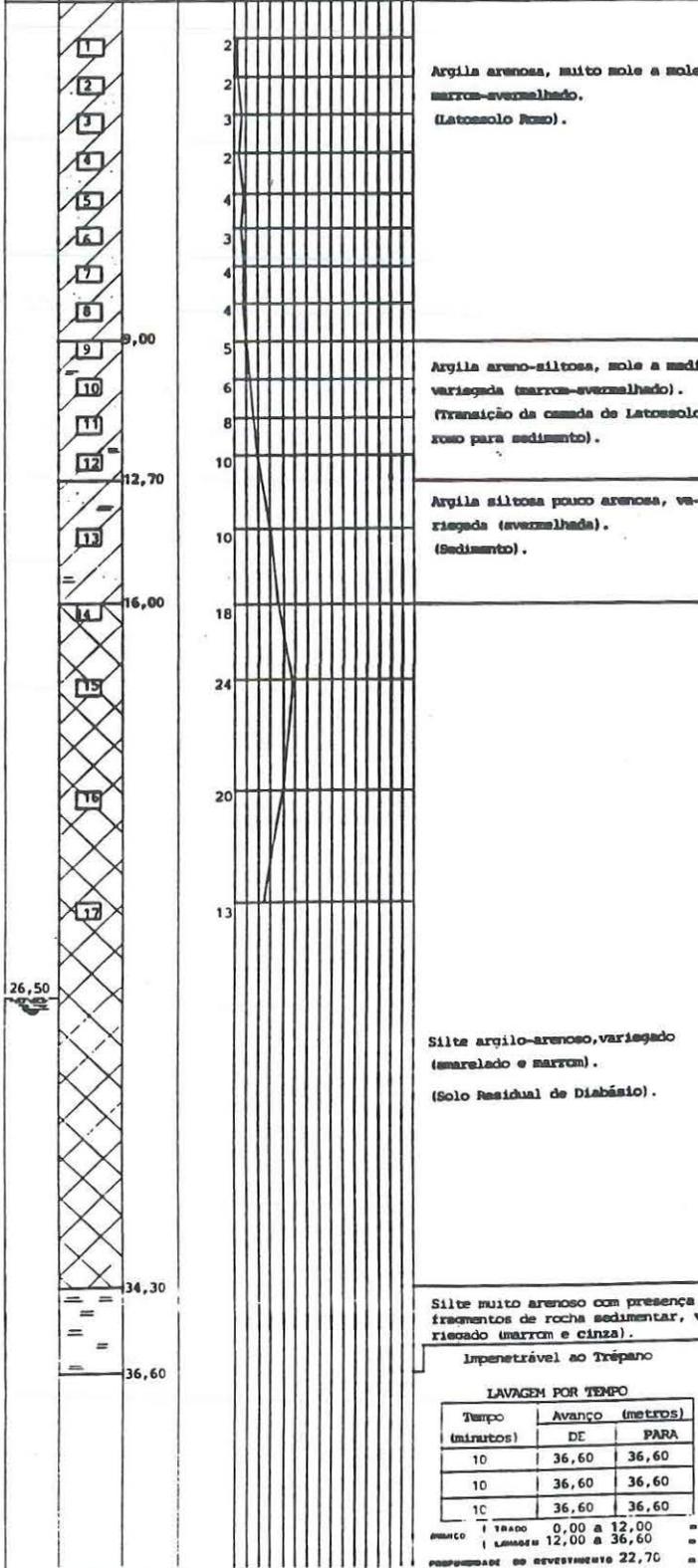
LOCAL: **Brunelli / Aterro - Piracicaba - SP**

ESCALA: 1:100 DATA: 10.11.92 DESTINO: *ed* DES. Nº: 38095

SONDAGEM: **SP-08** COTA: metros

Revestimento: 0 a 0,5 m  
 Amostrador: 0 interno, 34,9 m  
 0 externo, 56,0 m  
 Peso: 63 kg Altura de queda: 75 cm

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL



LAVAGEM POR TEMPO

Tempo (minutos)	Avanço DE	(metros) PARA
10	36,60	36,60
10	36,60	36,60
10	36,60	36,60

TRADO 0,00 a 12,00 m  
 LAVAGEM 12,00 a 36,60 m  
 PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO 22,70 m

PROFUNDIDADE DO NIVEL D'ÁGUA: 26,50 m  
 INICIAL: 26,10.92  
 FINAL: 26,50 m em 11.11.92

