

Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental
Modalidade: Dissertação

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO HÍDRICA NO ENTORNO DO ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA - RJ

Autora: Tatiana Pinho Mattos
Orientadora: Thereza Christina de Almeida Rosso
Co-orientadora: Elisabeth Ritter

Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Março de 2005

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO HÍDRICA NO ENTORNO DO ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA - RJ

Tatiana Pinho Mattos

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovado por:

Prof^ª. Thereza Christina de Almeida Rosso, D.Sc.
PEAMB/UERJ

Prof^ª. Elisabeth Ritter, D.Sc.
PEAMB/UERJ

Prof^ª. Celina Aída Bittencourt Schmidt, D.Sc.
PEAMB/UERJ

Eng. Edwin Álvaro Zuleta Iturri, D.Sc.
Limpatech – Tecnologia de Limpeza Ltda.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Março de 2005

MATTOS, TATIANA PINHO

Avaliação da Contaminação Hídrica no Entorno
do Antigo Vazadouro da Marambaia - RJ

xii, 103 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado,
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Ambiental – Área de Concentração: Saneamento
Ambiental – Controle de Poluição Urbana e
Industrial, 2005.)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de
Janeiro – UERJ

1. Recursos Hídricos
 2. Resíduos Sólidos Urbanos
 3. Poluição
 4. Chorume
 5. Lixão da Marambaia
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

AGRADECIMENTOS

As minhas orientadoras Thereza Rosso e Elisabeth Ritter, pelo apoio.

Ao professor Ghandi Giordano, sempre disposto à me receber, pelas valiosas contribuições na elaboração desta Dissertação, e clareza na explicação da química.

A professora Juacyara Campos pelo apoio na parte química.

A professora Celina Schmidt, por ter me recebido em sua casa, pela simpatia e grande apoio nas questões de fluxo deste trabalho.

Aos técnicos do Laboratório de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, da Faculdade de Engenharia da UERJ pelas análises realizadas e, em especial, ao Bira (Eng. Ubiratan Amorim da Silva), pela sua colaboração nas análises dos dados, pela companhia e troca de idéias nas campanhas realizadas.

Ao colega Fernando Mota por ter salvado o tema deste trabalho, compartilhando o seu local de pesquisa.

A empresa SA Paulista pela oportunidade do estudo, pelo imenso apoio e pela antecipação da perfuração dos poços de monitoramento. A Rosana Silva dos Santos, por aturar minhas insistências, a engenheira Priscila Mendes Zidan e a Engenheira Adriana Felipetto pelo apoio e carinho.

Em especial, ao Eng. Ricardo Augusto Borges da Silva, pelas informações preciosas que me deu ao longo do trabalho, respondendo a meus e-mails e telefonemas aflitos; pela companhia nas diversas idas à Marambaia, pela empurradinha no carro e pelos caldos de cana, essenciais.

Aos amigos José Maria Mesquita e Edwin Iturri pela troca de idéias e incentivo.

A amiga Kika (Karoline Pinheiro Frankenfeld) por ter me metido nesta “roubada”.

Aos amigos que me incentivaram durante a realização deste trabalho, seja tomando uma cervejinha nos bares de Santa Teresa ou mesmo deixando purpurinas em minha casa.

Aos meus queridos pais e a minha irmã e amiga pelo amor e apoio de sempre.

Ao Gurgelzinho, guerreiro de sempre, por mais esta aventura.

Aos meus sogros pelo carinho. A Paula, minha cunhada, pelo apoio essencial no “abstract”.

Em especial ao meu companheiro e amor, Alexandre Reis, pela compreensão nos surtos de mau humor, pelo colo, e pela ajuda na confecção dos desenhos deste trabalho.

A Deus, seja com este ou com qualquer outro nome, por ter me dado forças para concluir este trabalho.

Resumo do Trabalho Final apresentado ao PEAMB/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO HÍDRICA NO ENTORNO DO ANTIGO VAZADOURO DA MARAMBAIA - RJ

Tatiana Pinho Mattos

Março de 2005

Orientador: Thereza Christina de Almeida Rosso

Co-orientador: Elisabeth Ritter

Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial

A presente dissertação trata de um estudo realizado nas coleções hídricas adjacentes ao antigo Lixão da Marambaia localizado no município de Nova Iguaçu, estado do Rio de Janeiro. Este estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência de possível contaminação proveniente do líquido percolado (chorume) gerado no lixão que venha atingir os ambientes hídricos próximos à região.

Como forma de atingir tal objetivo, foram realizados trabalhos de campo constando de 4 (quatro) campanhas de coleta de águas superficiais, subterrâneas e de chorume, ocorridas no período de julho de 2004 a janeiro de 2005. As amostragens de 2004 foram analisadas pelo laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da UERJ (LES/UERJ), e as de 2005, analisadas pelo laboratório do Centro de Tecnologia Ambiental da FIRJAN (CTA/FIRJAN). Além disto, 3 (três) piezômetros foram instalados na área do lixão, monitorados nas três últimas campanhas também analisados pelos respectivos laboratórios anteriormente citados.

Ressalta-se ainda que para a avaliação da contaminação proposta neste trabalho foram utilizados dados de investigações realizadas anteriormente, cedidos pela empresa SA Paulista de Construções e Comércio.

Através dos resultados obtidos foi possível identificar uma poluição significativa no piezômetro instalado na vertente sudeste do lixão, possibilitando ainda relacioná-la ao sentido de fluxo da pluma de contaminação estimado.

Esta dissertação ainda sugere melhorias para a campanha de monitoramento, destacando a importância de um Plano de Monitoramento bem elaborado.

Palavras-Chave: recursos hídricos, resíduos sólidos urbanos, poluição, chorume, lixão da Marambaia.

Summary of the final paper submitted to the PEAMB/UERJ as part of the necessary requisites for the obtention of the degree of Master in Environmental Engineering

ASSESSMENT OF THE HYDRIC CONTAMINATION OF THE SURROUNDINGS OF THE OLD MARAMBAIA WASTE DUMP - RJ

Tatiana Pinho Mattos

March, 2005

Advisor: Thereza Christina de Almeida Rosso

Co-advisor: Elisabeth Ritter

Focus Area: Environmental Sanitation – Urban and Industrial Pollution Control

This paper is the result of a study carried out in the hydric collections adjacent to the old waste dump in Marambaia, located in the city of Nova Iguaçu, State of Rio de Janeiro. This study aims at assessing the likely contamination from the percolated liquid (lecheate) generated by the waste dump that may come to reach the hydric environments near the region.

As means to achieve such objective, 4 (four) campaigns of superficial water collection – groundwater and lecheate – were carried out between July, 2004 and January, 2005. The 2004 samples were analyzed by the Sanitation and Environmental Engineering laboratory of UERJ (LES/UERJ), and the 2005 samples by the FIRJAN Environmental Technology Center (CTA/FIRJAN). Furthermore, 3 (three) piezometers were installed in the area of the waste dump, monitored in the three last campaigns and analyzed by the aforementioned laboratories.

It must also be pointed out that this study makes use of data from prior campaigns, provided by SA Paulista de Construções e Comércio.

Through the results obtained it was possible to verify significant pollution in the piezometer installed in the southeast watershed of the waste dump, which could be related to the direction of the contamination flow.

This paper also to suggest improvements in the monitoring campaign, enhancing the importance of a well-elaborated Monitoring Plan.

Key words: hydric resources, urban solid waste, pollution, lecheate, waste dump of Marambaia

LISTA DE FIGURAS

2.1.	Porcentagens de distritos com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, por unidades de destinação final do lixo coletado.	7
2.2	Lixão de Gramacho, Duque de Caxias, RJ - 1994	8
2.3	Esquema resumido das parcelas utilizadas para o cálculo da vazão do chorume pelo método do balanço hídrico	19
3.1	Localização da Bacia do rio Iguaçu-Sarapuá	22
3.2	Localização do rio Iguaçu na Bacia	23
3.3	Diagrama unifilar do rio Iguaçu	24
3.4	Região Metropolitana do Rio de Janeiro	27
4.1	Localização da área do lixão	34
4.2	Linha de drenagem do córrego e vista do talude do lixão	35
4.3	Solo residual exibindo variação estrutural e textural	36
4.4	Situação do Lixão da Marambaia, maio 2000	38
4.5	Acúmulo de chorume, ala leste do lixão	39
4.6	Dique para contenção de chorume e lagoa, ala leste	40
4.7	Execução dos diques de contenção	46
4.8	Vista geral das obras de terraplanagem, julho de 2004	47
4.9	Execução dos drenos de chorume	47
4.10	Construção da lagoa, ala noroeste – agosto 2004	47
4.11	Lagoa ala sudoeste, julho de 2004	48
5.1	Localização aproximada dos pontos amostrados	52
5.2	Croqui da localização dos piezômetros e pontos de amostragem de chorume	54
5.3	<i>a)</i> detalhe da instalação do PZ ₂ , <i>b)</i> vista geral da localização do piezômetro; <i>c)</i> proximidade com os coqueiros do sítio vizinho	54
5.4	Procedimento de instalação do piezômetro PZ ₃	56
5.5	<i>(a)</i> e <i>(b)</i> Medidor de nível d'água utilizado nas investigações de campo	57
5.6	Procedimento de coleta dos piezômetros	58
5.7	Poço de monitoramento PZ ₁	59
5.8	Situação da investigação de janeiro na vertente sudeste	59
5.9	Mapa de localização dos pontos de amostragem, situação em 2001	61
5.10	Rio Iguaçu. <i>a)</i> presença de uma pick-up no leito do rio e <i>b)</i> presença de resíduos	62
5.11	<i>(a)</i> e <i>(b)</i> coleta realizada em julho/04, ponto J ₂ , rio Iguaçu	62

5.12	Amostragens realizadas no córrego	63
5.13	Amostragens realizadas no poço de abastecimento P ₁	64
5.14	Amostragens realizadas no P ₂ , de cacimba	64
5.15	Ilustração das amostragens realizadas para coleta de chorume	65
6.1	pH do chorume obtido em todas as campanhas realizadas	68
6.2	pH encontrado nos pontos do entorno do lixão	69
6.3	pH encontrado nos piezômetros instalados no lixão	70
6.4	Valores obtidos para a DBO e DQO do chorume	72
6.5	Formação de “lodo verde” na lagoa da vertente noroeste (L ₂)	73
6.6	Resultados para DBO e DQO nos pontos de coleta do entorno do vazadouro	74
6.7	Córrego do sítio contaminado por chorume	75
6.8	Valores encontrados para DBO e DQO nos piezômetros	76
6.9	Valores encontrados para o cloreto nas análises de chorume	78
6.10	Valores encontrados para cloreto nos pontos do entorno	79
6.11	Valores obtidos para cloreto nas análises dos piezômetros	80
6.12	Valores encontrados para o nitrogênio amoniacal no chorume analisado	81
6.13	Valores de nitrogênio amoniacal encontrados nos pontos do entorno	82
6.14	Valores obtidos nas análises dos piezômetros para nitrogênio amoniacal	83
6.15	Valores encontrados para a alcalinidade nas amostragens de chorume	84
6.16	Valores de alcalinidade encontrados nos pontos do entorno	85
6.17	Valores encontrados para alcalinidade nos piezômetros monitorados	86

LISTA DE TABELAS

2.1	Valores típicos e faixa de variação do chorume na fase acetogênica	15
2.2	Valores típicos e faixa de variação do chorume na fase metanogênica	16
2.3	Variação da composição química do chorume em vazadouros	16
2.4	Porcentagem da precipitação que se transforma em chorume segundo o tipo de compactação	18
3.1	Características fisiográficas e vazões máximas na bacia do rio Iguaçu	25
3.2	Descargas máximas prováveis	26
3.3	Precipitações médias mensais e média anual, período de 1976 a 1990	26
5.1	Valores de k para a aplicação do Método Suíço	50
5.2	Locais e datas das amostragens realizadas no Lixão da Marambaia	53
5.3	Profundidades e leituras dos níveis d'água dos piezômetros	57
5.4	Cotas dos piezômetros e dos níveis d'água referenciados	60
6.1	Valores médios encontrados para o chorume	88

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	01
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	01
1.2. OBJETIVO	02
1.3. RELEVÂNCIA DO TRABALHO	03
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	04
CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	05
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	05
2.2. DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM LIXÕES	07
2.3. A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS PELA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	09
2.3.1. Descrição do problema	09
2.3.2. Tipos de contaminação hídrica decorrente da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos	09
2.3.2.1. Contaminação das águas superficiais e subterrâneas	11
2.3.3. A formação do chorume	12
2.3.4. Estimativa da quantidade de chorume produzido	17
CAPÍTULO 3. DESCRIÇÃO DA MACRO-REGIÃO EM ESTUDO	22
3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ	22
3.2. O MUNICÍPIO DE NOVA IGUAÇU	27
3.2.1. Localização	27
3.2.2. Clima	28
3.2.3. Geologia, hidrogeologia e fisiografia	28
3.2.4. Vegetação	29
3.2.5. Aspectos sócio econômicos	31
3.2.5.1. Aspectos demográficos	31
3.2.5.2. Saúde	32

CAPÍTULO 4. O LIXÃO DA MARAMBAIA	33
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	33
4.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO DA MARAMBAIA	33
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO	34
4.4. HISTÓRICO DA SITUAÇÃO OPERACIONAL DO LIXÃO	37
4.5. LEVANTAMENTOS E INVESTIGAÇÕES PRELIMINARES, PRIMEIRO SEMESTRE DE 2001	41
4.5.1. Topografia	41
4.5.2. Sondagens	41
4.5.3. Ensaio de qualidade das águas	42
4.5.4. Avaliação do volume de resíduos dispostos no lixão	42
4.6. O PROJETO DE ENCERRAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL, MARÇO DE 2003	42
4.6.1. Plano de monitoramento ambiental previsto no projeto executivo	44
4.7. SITUAÇÃO ATUAL DO ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA	46
CAPÍTULO 5. AMOSTRAGENS E METODOLOGIA ADOTADA	49
5.1. ESTIMATIVA DO CHORUME PRODUZIDO	49
5.2. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO	51
5.2.1. Piezômetros	53
5.2.1.1. Cálculo da direção do lençol freático	60
5.2.2. Pontos do entorno	60
5.2.3. Chorume	65
CAPÍTULO 6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
6.1. DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS	68
6.1.1. pH	68
6.1.2. Demanda de Oxigênio - DBO e DQO	71
6.1.3. Cloretos	77
6.1.4. Nitrogênio amoniacal	80
6.1.5. Alcalinidade	83
6.1.6. Outros parâmetros relevantes	86
6.1.7. Metais pesados	87
6.2. DISCUSSÃO GLOBAL DOS RESULTADOS	88
6.2.1. Chorume	88
6.2.1. Águas superficiais	88
6.2.2. Águas subterrâneas	89

CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	91
7.1. CONCLUSÕES	91
7.1.1 Pontos do entorno	91
7.1.2 Piezômetros	91
7.2. SUGESTÕES	92
CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	98
Anexo 1 - Resolução CONAMA n ^o 20, de junho de 1986; NT 202, R10 – FEEMA, de dezembro de 1986	99
Anexo 2 - Perfis de sondagens dos furos SM-276 e SM-277, realizados em abril de 2001	100
Anexo 3 - Croqui dos níveis d'água dos piezômetros encontrados nas três investigações de campo	101
Anexo 4 - Desenhos das triangulações realizadas para as três campanhas de coleta	102
Anexo 5 - Tabelas de todos os parâmetros utilizados neste trabalho	103

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Historicamente, as estratégias de desenvolvimento adotadas pelos países em geral avaliavam somente o aspecto econômico dos recursos naturais. Consideravam que o acesso a importantes recursos como água, ar e biodiversidade estavam disponíveis a custo zero. Com relação aos serviços ambientais prestados (diluição de efluentes líquidos e gasosos, disposição de resíduos sólidos), não havia, até recentemente, uma maior preocupação em incorporá-los nas estratégias de desenvolvimento de um país ou região.

Tal forma de ação resultou em sistemas de produção que passaram a fazer o uso não sustentável dos recursos e dos serviços ambientais causando graves impactos sob o meio ambiente. Entre eles pode-se citar os impactos ambientais diretos (poluição do ar, solo e água) e indiretos, afetando a saúde (ex. doenças respiratórias devido a poluição da atmosfera), o emprego (ex. perda de empregos devido a extinção da pesca, devido a poluição dos rios ou na agricultura, devido a desertificação ou erosão pelo uso inadequado do solo) e comprometendo, portanto, a qualidade de vida das populações e das gerações futuras.

Paralelamente, o desenvolvimento econômico começou a sofrer conseqüências devido à exaustão quantitativa ou qualitativa dos recursos naturais e dos mais diversos conflitos de uso decorrentes desse fato. Gradativamente, começou a ser reconhecida no nível político-social a necessidade da adequada gestão dos recursos naturais como forma de garantir uma melhor qualidade ambiental e a sua disponibilidade para atividades econômicas atuais ou futuras. Com esse intuito, instrumentos de planejamento e gestão ambiental passam a ser desenvolvidos e implementados no mundo.

Um exemplo dessa tendência de mudança para um modelo que agregue o desenvolvimento com a questão ambiental ocorreu no Município de Nova Iguaçu, localizado na Baixada Fluminense, RJ.

Com um histórico de aproximadamente 15 anos de descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo município, causando toda sorte de impactos ambientais na área de disposição e no seu entorno, incluindo os impactos sociais (evidenciados pela presença de catadores de lixo em condições desumanas), o município conseguiu através de concorrência pública, licitar uma empresa capacitada a implantar obras, fornecimentos e serviços para instalação do sistema de destino final de resíduos sólidos urbanos do Município, e sua posterior operação, através de contrato de concessão.

A Empresa SA Paulista de Construções e Comércio, vencedora da concorrência, começou em 2003 a operação da Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Adrianópolis, localizada em Nova Iguaçu, encerrando a disposição de resíduos por definitivo no antigo Vazadouro da Marambaia.

A CTR de Adrianópolis é hoje um exemplo. Além de estar operando dentro da normatização ambiental vigente para o empreendimento, ainda reaproveita energia do gás metano produzido com o comércio de créditos de carbono (segundo agente mais poderoso do efeito estufa). A iniciativa foi a primeira no mundo oficialmente inscrita como Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kioto.

O antigo Lixão da Marambaia está sendo ambientalmente adequado com base em um projeto de remediação e recuperação ambiental, estando a responsabilidade das obras previstas, bem como do monitoramento da área, a cargo da mesma empresa.

1.2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a contaminação hídrica no entorno do antigo Lixão da Marambaia, localizado em Nova Iguaçu, proveniente do chorume gerado nesse antigo lixão.

Buscando alcançar este objetivo, foram realizadas quatro investigações de campo no período de julho de 2004 e janeiro de 2005, analisando-se amostras de chorume, águas superficiais e subterrâneas. Nessas campanhas as coletas amostradas de chorume visavam identificar as características do contaminante. Para a avaliação das águas superficiais foram coletadas amostras do rio Iguaçu e do córrego que nasce no antigo lixão e atravessa uma área particular (sítio vizinho). Para as águas subterrâneas foram realizadas investigações em

dois poços situados no sítio vizinho, além de serem feitas investigações em três piezômetros instalados na área do lixão.

Em todas as amostragens foram analisados os seguintes parâmetros: potencial de hidrogênio (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total, amônia total, cloreto, fósforo total, condutividade e sólidos totais, suspensos e dissolvidos.

1.3. RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O Lixão da Marambaia localiza-se inserido na bacia hidrográfica do rio Iguazu-Sarapuí, sendo sua drenagem principal constituída pelo rio Iguazu, que em alguns pontos, chega a distar somente 50m do lixão. Além disto, a área em questão possui uma nascente que contribui para a formação de um córrego que atravessa o sítio vizinho. No entorno do antigo lixão também se encontram brejos e várzeas, evidenciando a presença de um lençol freático elevado.

Sabe-se que cerca de 71% da superfície terrestre é coberta por água, porém, apenas 6% da hidrosfera corresponde à água doce, distribuída da seguinte maneira: 4,34 % nas águas subterrâneas, 0,01 % em rios e lagos e 1,65 % em capas de gelo e geleiras, estando esses últimos inacessíveis. Verifica-se, portanto, a importância do montante correspondente aos aquíferos subterrâneos e superficiais na sobrevivência de todas as formas de vida do planeta e no equilíbrio do ecossistema em geral.

A poluição das águas naturais por contaminantes tanto biológicos quanto químicos é um problema de âmbito mundial. Os depósitos de lixo industrial e doméstico, a agricultura com uso intensivo de insumos, o despejo de efluentes industriais, os vazamentos de depósitos de produtos químicos, etc, vêm se transformando em perigosos focos de contaminação hídrica.

Considerando que, das fontes de poluição hídrica, o chorume proveniente da disposição inadequada dos resíduos sólidos representa uma preocupante fonte de poluição, avaliar a contaminação proveniente deste insumo, buscando melhorias quanto ao seu monitoramento, é de grande relevância.

Ressalta-se ainda a presença de sítios no entorno da área do antigo lixão, onde os moradores utilizam as águas de poços freáticos para o consumo, além de cultivarem frutas e grãos para subsistência. Portanto o conhecimento de uma possível contaminação nas coleções hídricas adjacentes vem enfatizar a relevância desta pesquisa.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação organiza-se, além desta introdução, em mais 6 capítulos. O Capítulo 2 aborda o tema dos resíduos sólidos no Brasil e descreve como ocorre a contaminação dos recursos hídricos, proveniente do líquido gerado através da decomposição dos resíduos sólidos, o chorume. Apresenta também, de forma resumida, como ocorre a formação do chorume, suas etapas de maturação e variações em sua composição química, incluindo também os procedimentos para os cálculos da estimativa do volume produzido.

O Capítulo 3 descreve a macro-região do estudo, observando as características da bacia hidrográfica envolvida, a bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí, contribuinte à Baía de Guanabara. São ainda apresentados dados de caracterização do município de Nova Iguaçu-RJ, onde se encontra a área de estudo.

O Capítulo 4 relata o histórico do Lixão da Marambaia, desde as suas características fisiográficas até as condições de operação do antigo lixão. Descreve ainda, os primeiros estudos ocorridos na região executados pela empresa SA Paulista, até o fechamento do lixão. Relata também as previsões propostas no Projeto de Remediação do local, e as ações já implementadas.

O Capítulo 5 descreve as investigações de campo realizadas para a presente pesquisa. Estão explicitadas as amostragens de chorume e de águas superficiais e subterrâneas do entorno. O capítulo também discorre sobre a instalação dos piezômetros que além de somarem para a avaliação das águas subterrâneas, permitiram uma avaliação do possível sentido do fluxo subterrâneo. Apresenta-se também uma estimativa da quantidade de chorume produzido durante a vida útil do lixão.

O Capítulo 6 apresenta e discute os resultados das investigações de campo, bem como os outros parâmetros analisados nas campanhas anteriores.

Finalmente no Capítulo 7 encontram-se as conclusões e sugestões para trabalhos futuros depreendidas deste trabalho.

CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O lixo se tornou um dos problemas sociais mais graves que as cidades enfrentam nos dias atuais. Além de poluir o solo, a água e o ar, também atrai vetores que veiculam doenças. Entretanto, a prestação de serviços de limpeza urbana não é suficiente para a solução do problema. A questão do trato com o lixo é cultural e deve ser equacionada com a responsabilidade compartilhada entre poder público e a sociedade.

Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover o lixo de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados. Porém, sem a infra-estrutura necessária para oferecer a destinação adequada aos resíduos sólidos urbanos, muitos municípios brasileiros adotaram soluções errôneas que acabaram gerando vários transtornos, com sérios impactos sobre o meio ambiente e saúde pública.

Uma visão mais detalhada sobre a gravidade do problema pode ser observada pelos resultados apresentados na última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000) onde é possível observar que a situação da disposição final de resíduos, em relação a quantidade gerada, se divide em:

- ***Geração***
228 413,0 t/lixo.dia
- ***Destinação***
 - 36,18 % aterros sanitários
 - 37,03 % aterros controlados
 - 22,48 % lixões
 - 4,31 % outros

O aterro sanitário consiste no modelo de disposição dos resíduos sólidos urbanos na qual procura-se minimizar os impactos ambientais de forma a não causar danos à saúde e a segurança. Para tanto são realizadas obras de engenharia como: sistemas de drenagem pluvial, drenagem e tratamento de chorume e drenagem de gases. Além disso o projeto de um aterro

deve possuir um plano geotécnico adequado para a disposição dos resíduos, contando inclusive com impermeabilização (*liner*) tanto da base do aterro como de topo. As normas para a execução de um Projeto de Aterro Sanitário estão contidas na NBR 8419 de abril de 1992, da ABNT (apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos).

Para os aterros sanitários, ainda se faz necessária a elaboração prévia de um Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente, EIA/RIMA exigência da Lei Federal nº 1.356 de 03/10/88, e da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 001/86. Nesse relatório avalia-se a viabilidade das obras propostas tendo em vista o impacto causado no ecossistema envolvido.

Para aterros de pequeno porte, com geração diária de resíduos sólidos em até 30 toneladas e/ou municípios com uma população urbana de até 30.000 habitantes, aplica-se a Resolução CONAMA nº 308, de março de 2002. Nesse caso o processo de Licenciamento Ambiental é simplificado, podendo o município ser dispensado, pelo órgão ambiental competente, da elaboração do EIA/RIMA. Essa resolução também simplifica os critérios para seleção de área e concepção tecnológica para empreendimentos de disposição final de resíduos para os municípios nela abrangidos.

“Quando a execução de um aterro sanitário se demonstrar onerosa em demasia para o município” (ABNT - NBR 8849) é possível a adoção de aterros controlados, cuja apresentação de projeto é definida pela NBR 8849 de abril de 1985 da ABNT. Esse método de disposição, apesar de prever um plano geotécnico para a disposição dos resíduos com cobertura diária das células e sistemas de drenagem superficial, não estabelece a necessidade da implantação de um sistema de drenagem e tratamento de gases e chorume, nem tampouco trata dos sistemas de impermeabilização de base e topo.

Entretanto, a NBR 13.987 de junho de 1997 da ABNT, (aterros de resíduos não perigosos, critérios para projeto implantação e operação) fixou condições mínimas exigíveis de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores dessas instalações e populações vizinhas. Dessa forma consegue-se que mesmo os aterros controlados criem alternativas para suprir suas limitações.

Contudo, observa-se na grande maioria dos municípios brasileiros a existência de unidades de disposição de resíduos sem qualquer licenciamento ambiental. Ressalta-se que em determinadas situações há realização de um projeto executivo, porém, sem apoio financeiro e/ou operacional, estas acabam se tornando lixões a céu aberto, ou nos melhores casos, em aterros controlados.

A situação se torna ainda mais alarmante quando se observam os dados da pesquisa do IBGE, 2000 em relação aos municípios/distritos brasileiros. Como pode ser visto no gráfico

da **figura 2.1**, 53% dos municípios dispõem seus resíduos sólidos urbanos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas. Além dos problemas ambientais, geralmente é possível observar a presença de catadores, entre eles crianças, denunciando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

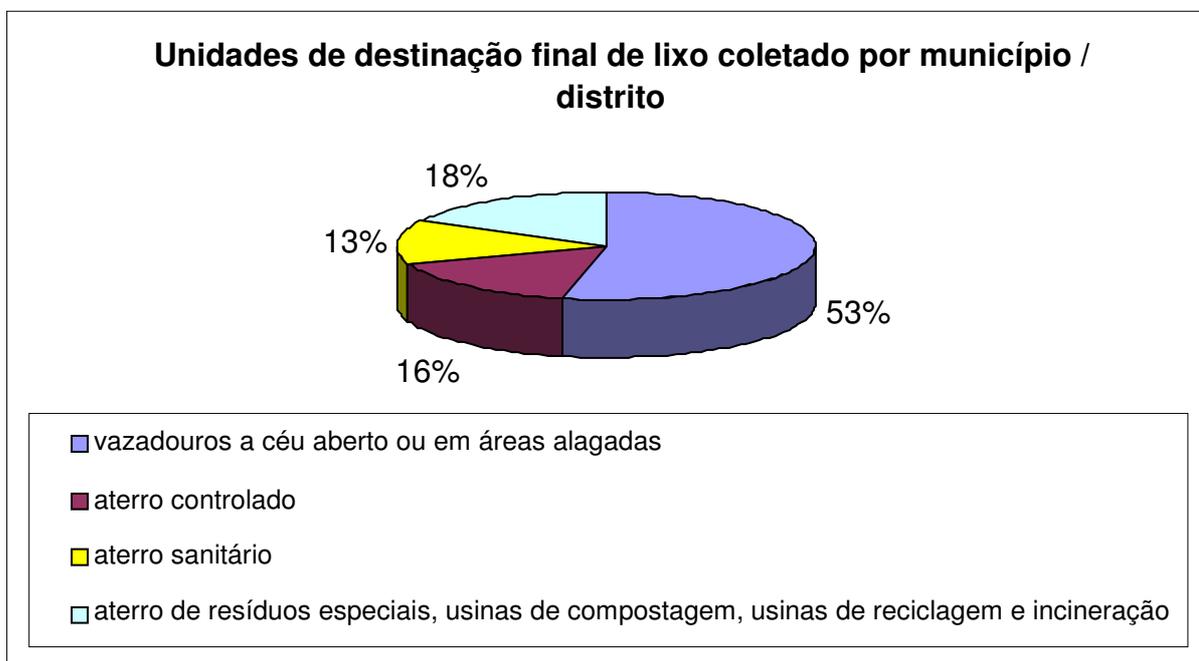


Figura 2.1. Porcentagens de distritos com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, por unidades de destinação final do lixo coletado. Fonte: IBGE, 2000.

Apresenta-se a seguir um relato sobre o principal método adotado para disposição final de resíduos nos municípios e distritos brasileiros, os lixões, foco desta dissertação.

2.2. DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM LIXÕES

A falta de destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos acarreta que milhares de toneladas de lixo sejam acumuladas diariamente em lixões ao ar livre, formando gigantescos focos de contaminação, representando um dos maiores desafios para o poder público. Constata-se assim que tão persistente quanto o problema do lixo é a falta de recursos econômicos e de planejamento oficial para um tratamento adequado dos resíduos.

“*Lixão*” é uma terminologia que define uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, como pode ser observado na **figura 2.2**. Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de odores e, principalmente, a poluição do

solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume, com sérios impactos aos ambientes hídricos da região.



Figura 2.2. Lixão de Gramacho, Duque de Caxias, RJ, 1994.

Fonte: site <http://www.resol.com.br>

Acrescenta-se a esta situação o total descontrole quanto aos tipos de resíduos sólidos recebidos nesses locais, verificando-se até mesmo a disposição de resíduos originados pelos serviços de saúde e resíduos sólidos industriais.

Entre os problemas causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos pode-se destacar:

- poluição dos cursos d'água;
- poluição das águas subterrâneas;
- poluição do ar;
- poluição do solo;
- proliferação de vetores;
- transmissão de doenças;
- mau cheiro;
- desvalorização dos imóveis vizinhos.

Apresenta-se a seguir uma discussão mais detalhada dos efeitos da poluição por resíduos sólidos nos ambientes aquáticos, foco principal deste trabalho.

2.3. A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS PELA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.3.1. Descrição do problema

O processo de solubilização das substâncias presentes nos resíduos sólidos orgânicos pela água contida no próprio lixo gera um líquido escuro, turvo e malcheiroso, que percola através da massa, denominado comumente de chorume. Este percolado consiste em um líquido que concentra poluentes orgânicos e inorgânicos, e pode migrar de duas maneiras: a) escoando superficialmente podendo atingir rios e lagos; e b) infiltrando-se no solo e atingindo os aquíferos, poluindo as águas subterrâneas.

A composição do chorume está relacionada à quantidade de água disponível, ao tipo de resíduo depositado, aos processos físico-químicos reinantes e à atividade biológica que ocorre dentro dos materiais de rejeitos (LIMA, 1995).

Assim, tanto a geração de chorume como também a produção de gases são conseqüências inevitáveis da prática do descarte de resíduos sólidos. Mas, diferentemente do aterro sanitário, como apresentado no item 2.2, no lixão o chorume e os gases não sofrem nenhum tipo de tratamento, provocando vários problemas para o solo, e para as águas superficiais e subterrâneas.

2.3.2. Tipos de contaminação hídrica decorrente da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos

A contaminação ocorre quando solutos são introduzidos no meio por ação antrópica ou não, já poluição ocorre quando as concentrações destes solutos se encontram em níveis superiores aos estabelecidos pelos órgãos competentes. No caso dos corpos hídricos, estes valores são estabelecidos pelo CONAMA 20/86 (anexo 1), segundo o uso da água.

Os danos causados pela disposição inadequada do lixo em cursos d'água podem ser classificados da seguinte forma (LIMA, 1995):

poluição física – verificada com o aumento da turbidez, na formação de bancos de lodo ou de sedimentos inertes, nas variações da temperatura etc. Além do aspecto estético negativo estas perturbações podem trazer impactos mais graves ao meio aquático como,

por exemplo, a possível quebra do ciclo vital das espécies, tornando a água biologicamente estéril.

Um pequeno aumento da temperatura pode dificultar as condições de vida de certos organismos, além do que a vida, com exceção dos animais de sangue quente, só pode existir dentro de uma variação pequena de temperatura.

O aumento do gradiente térmico também faz com que os organismos tenham que consumir mais água para absorverem a mesma quantidade de oxigênio, uma vez que o aumento de temperatura diminui a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

O aumento da turbidez, por sua vez, reduz a penetração de luz solar, vital para os seres vivos, além de dificultar a visibilidade prejudicando a procura por alimentos, aumentando a competição entre os organismos.

poluição química – é causada principalmente em função dos despejos industriais fungicidas e pesticidas. Acarreta mudanças na coloração da água, na formação de correntes ácidas, águas duras e águas tóxicas, podendo ocasionar o envenenamento de organismos que nela habitam ou que dela se utilizam.

poluição bioquímica – sua consequência imediata é a diminuição do oxigênio presente na água, causada pelo aumento da demanda bioquímica de oxigênio, DBO. Quando o oxigênio dissolvido desaparece ou é reduzido a níveis baixos, os organismos aeróbios são quase totalmente exterminados, cedendo lugar aos anaeróbios, responsáveis pelo desprendimento de gases, como o metano, CH_4 e o amônio, NH_3 , sendo esse último tóxico para a maioria das formas de vida superiores, provavelmente por reduzir a atividade do ciclo do ácido cítrico do cérebro (OTTAWAY, 1982).

Nesse caso vale observar que a descarga de chorume proveniente dos materiais orgânicos em decomposição indica uma DBO média de 10.000 mg/L; considerando que a DBO dos efluentes domésticos sem tratamento é da ordem de 300 mg/L, observa-se que a DBO do chorume é bastante elevada, o que concorre para a aceleração do processo de redução do oxigênio na água.

poluição biológica – a poluição biológica das águas se traduz pela elevada contagem de coliformes e pela presença de resíduos ou substâncias que possam produzir transformações biológicas consideráveis e influenciar diretamente a qualidade de vida dos seres vivos que habitam ou usufruem o meio aquático.

Um exemplo deste tipo de poluição é o desenvolvimento de certos organismos vivos que surgem por meio do processo de eutrofização, processo no qual a água torna-se excessivamente carregada de nutrientes e minerais, provocando um crescimento acelerado desses organismos. No caso específico do lixo, os nitratos e fosfatos são os nutrientes de maior concentração, considerados portanto, maiores responsáveis pelo fenômeno.

2.3.2.1. Contaminação das águas superficiais e subterrâneas

Conforme apresentado anteriormente, a contaminação nos ecossistemas aquáticos originada pela disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, pode ocorrer da seguinte forma: (a) através do escoamento superficial, quando não existem dispositivos de drenagem no vazadouro e as águas superficiais se misturam com o chorume, carreando os contaminantes; (b) através do transbordo de algum dispositivo de acúmulo do chorume; (c) através da infiltração no solo, vertical ou horizontalmente, atingindo em seqüência os aquíferos superficiais e/ou subterrâneos.

As águas superficiais possuem grande poder de autodepuração, uma vez que estão em contato com o ar atmosférico e com a luz solar. Isto ocorre principalmente quando se trata de corpos hídricos submetidos a correntes, como no caso dos rios e córregos, pois estão continuamente se aerando.

Em se tratando de águas subterrâneas, por estarem confinadas, seu tratamento demanda mais tempo e é bem mais oneroso do que nas águas superficiais.

No caso da poluição das águas subterrâneas, o contaminante irá se infiltrar em função das características do solo, atravessando os diversos substratos horizontais, classificados de acordo com o nível de saturação de água, em zonas saturadas e zonas não saturadas. A água subterrânea propriamente dita encontra-se nas zonas saturadas, onde os poros, fraturas ou espaços vazios da matriz sólida estão completamente preenchidos por água. Assim, como fazem parte do mesmo contexto, o que ocorrer com o solo repercutirá nas águas subterrâneas, podendo resultar em alterações de sua qualidade.

O solo atua freqüentemente como um “filtro”, tendo capacidade de depuração e imobilizando grande parte das impurezas nele depositadas. Porém, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes (MOREIRA e NODERMANN, 1987).

Para avaliar o grau de complexidade que pode existir durante a percolação do contaminante, é exposto a seguir um resumo da revisão teórica dos principais aspectos da

geotecnia de meio ambiente, relativos à contaminação de águas subterrâneas. Os conceitos aqui apresentados se destinam ao entendimento global dos processos de transporte, não sendo objeto específico deste trabalho.

O transporte do contaminante através do solo poderá ocorrer de maneira advectiva, que acontece basicamente quando existe um regime de fluxo ou por dispersão hidrodinâmica, que ocorre em função do gradiente de concentração das espécies químicas. Esse transporte, portanto dependerá do modo em que a interação solo/contaminante ocorre.

A advecção está associado a velocidade do material (contaminante) ou do meio no qual ele está sendo transportado.

A dispersão hidrodinâmica é governada por dois mecanismos: a dispersão mecânica e a difusão molecular. A primeira é caracterizada pelas turbulências ou flutuações microscópicas de velocidade dentro de um meio, causadas pela dissipação da energia cinética. E a difusão molecular ocorre independente da existência ou não de movimento, e se caracteriza pela difusão de íons, átomos ou moléculas por forças de natureza intermolecular, ocorrendo então pela diferença de concentração das espécies químicas (notas de aula, prof^a. Elisabeth Ritter).

Em solos mais permeáveis (areias) tem-se a predominância da dispersão mecânica ao contrário dos solos mais impermeáveis (argilas) onde há predomínio da difusão molecular.

Em contato com as águas subterrâneas os contaminantes interagem formando, no caso do chorume, compostos miscíveis, que uma vez em contato com a água se solubilizam formando uma única fase. O transporte do contaminante ocorrerá nessa fase, predominantemente, pelos processos de advecção e dispersão mecânica.

Por essa gama de maneiras de transporte do contaminante, seja através do solo ou da própria água expostos, conclui-se que dependendo da composição do solo em questão, de sua permeabilidade, da granulometria; e da própria composição do contaminante, este irá se comportar de maneira diferente podendo apresentar modificações em sua composição.

A contaminação irá se distribuir ao longo do tempo a partir de uma fonte, adquirindo a forma de uma pluma, denominada “pluma de contaminação”.

2.3.3. A formação do chorume

O processo da formação do chorume ocorre principalmente em função da decomposição biológica do lixo, provocada por microorganismos. O chorume é um líquido complexo, de composição química bastante variável, tanto no aspecto qualitativo quanto

quantitativo, cujas características variam ao longo do tempo, tornando o problema ainda mais complexo e de tratamento mais delicado (LIMA, 1995).

O chorume pode ser observado em diversas fases do caminho do lixo: na fase do acondicionamento, no transporte (comum ver o líquido escorrendo das bacias dos caminhões coletores compactadores), e principalmente nos locais destinados a sua disposição final. É na disposição final do lixo que ocorre maior produção de chorume e onde o problema tem que ser enfrentado com maior cuidado, para tratá-lo convenientemente de forma a evitar a contaminação no entorno da área onde os resíduos se encontram dispostos.

Quanto maior a massa de lixo acumulada e quanto maior a quantidade de água que entra em contato com esta massa, maior será a geração do chorume e mais complexo e delicado será o seu tratamento.

Assim, pode-se dizer que diversos fatores influenciam na geração de chorume, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. Estes fatores podem ser classificados em:

- Climatológicos
 - regime de chuvas;
 - escoamento superficial;
 - infiltração;
 - temperatura;
 - evapotranspiração.

- Do próprio resíduo
 - composição;
 - densidade;
 - teor de umidade;
 - índice de vazios.

- Da disposição
 - características do solo;
 - impermeabilização das camadas;
 - método operacional;
 - tipo do aterro;
 - idade do aterro;
 - profundidade do nível d'água do terreno;
 - sistema de drenagem de chorume.

Observa-se assim que o tratamento do chorume deve começar por medidas que levem a minimização do contato da massa de lixo com a água, visando reduzir sua geração, uma vez que não é possível um controle total desse contato. Algumas das fontes de umidade são impossíveis ou muito difíceis de serem controladas, como: a própria umidade original do lixo; a água gerada no próprio processo de decomposição biológica e finalmente a água de chuva que percola pelas camadas de cobertura.

A geração de chorume em um vazadouro demora um certo tempo para aparecer e esse tempo é influenciado, entre outros fatores, pelo teor de umidade, densidade e quantidade de água infiltrada no lixo. Quanto maior o teor de umidade mais rápido o início da geração. Quanto maior a densidade do aterro maior o tempo para o início da geração. Quanto maior a quantidade de água infiltrada mais rápido o início da geração.

O processo de decomposição biológica do lixo ocorre, geralmente, em três fases (JARDIM, *et al*, 1995 e MONTEIRO, 2001), a saber:

Fase aeróbia – ocorre no início da operação do vazadouro, quando o lixo está descoberto, e no período subsequente à cobertura com terra, quando ainda há presença de oxigênio. Essa é a primeira fase do processo e ocorre com grande liberação de calor, possui vida relativamente curta e o chorume gerado apresenta alta concentração de sais de alta solubilidade, com predominância de cloreto de sódio. Pode ocorrer também a formação de sais contendo metais, uma vez que alguns íons são solúveis em água em temperaturas elevadas. Ocorre também nessa fase a formação de CO₂, que aumentará proporcionalmente com a diminuição da umidade.

Fase acetogênica – ocorre com a predominância dos microorganismos anaeróbios, denominados bactérias acetogênicas, que trabalham preferencialmente na ausência de oxigênio, podendo, no entanto utilizá-lo (microorganismos facultativos). Nessa fase as bactérias convertem o material orgânico particulado (celuloses) em compostos dissolvidos, através de um processo de hidrólise, que é seguido pelo processo de fermentação, onde as bactérias obtêm energia oriunda da transformação da matéria orgânica, não se chegando, porém à sua mineralização. Nessa fase são produzidas grandes quantidades de compostos orgânicos simples como ácidos graxos voláteis e também de nitrogênio amoniacal. A acidez das substâncias formadas faz o pH cair para níveis entre 4 e 6 e ajuda na solubilização de substâncias inorgânicas, fazendo com que o chorume possa ter grandes concentrações de ferro, zinco, cálcio e outros, dependendo da composição do lixo disposto no vazadouro. A acidez aumenta a

possibilidade de aparecimento de maus odores, principalmente devido a liberação de gás sulfídrico e amônia. A DBO do chorume gerado nessa fase é muito alta.

Fase metanogênica – ocorre quando os compostos orgânicos formados na fase anterior passam a ser consumidos por microorganismos anaeróbios denominados bactérias metanogênicas, que dão origem ao metano e ao gás carbônico. Com o consumo dos ácidos voláteis simples o pH sobe e as bactérias passam a ter um ambiente mais propício ao seu desenvolvimento (pH próximo do neutro). Nesse nível de pH a solubilização de compostos inorgânicos é reduzida o que faz diminuir a condutividade do chorume. A DBO diminui e a relação DBO/DQO apresenta valores mais baixos do que na fase anterior, mostrando uma menor capacidade de biodegradação do chorume, que é explicada pelo acúmulo de substâncias de difícil degradação biológica, como os ácidos húmicos, oriundos da decomposição de matéria vegetal presente.

Um resumo geral da variação típica dos parâmetros encontrados no chorume nas fases acetogênica e metanogênica está apresentado nas **tabelas 2.1 e 2.2** respectivamente. Já na **tabela 2.3** se apresenta um resumo da variação físico-química do chorume em alguns aterros e lixões.

Tabela 2.1. Valores típicos e faixa de variação do chorume na fase acetogênica.

Parâmetros ⁽¹⁾	Típico	Variação
Fase acetogênica		
pH	6,1	4,5 - 7,5
DBO	13.000	4.000 - 40.000
DQO	22.000	6.000 - 60.000
DBO/DQO	0,58	-
Sulfato	500	79 - 1.750
Cálcio	1.200	10 - 2.500
Magnésio	470	50 - 1.150
Ferro	780	20 - 2.100
Manganês	25	0,3 - 65
Zinco	5	0,1 - 120
Estrôncio	7	0,5 - 15

(1) valores em mg/L, exceção para pH, DBO / DQO que não possuem unidade.
 Fonte: CHRISTENSEN et al (1989).

Tabela 2.2. Valores típicos e faixa de variação do chorume na fase metanogênica.

Parâmetros ⁽¹⁾	Típico	Varição
Fase metanogênica		
pH	8	7,5 - 9
DBO	180	20 - 550
DQO	3.000	500 - 4.500
DBO/DQO	0,06	-
Sulfato	80	10 420
Cálcio	60	20 - 600
Magnésio	180	40 - 350
Ferro	15	3 - 280
Manganês	0,7	0,03 - 45
Zinco	1	0,03 - 4
Estrôncio	1	0,3 - 7

(¹) valores em mg/L, exceção para pH, DBO / DQO que não possuem unidade.

Fonte: CHRISTENSEN et al, 1989.

Tabela 2.3. Variação da composição química do chorume em vazadouros.

Parâmetros	1	2	3	4	5
STD (mg/l)	0-42276	2680 - 5580	*27281	5710 - 6720	ND
CE (µS.cm-1)	ND	8500 - 12000	**2570	9580 - 11670	24.500
pH	3.7-8.5	7,2 – 8,0	8,2* – 8,8**	7,5 – 7,7	8,0
Cl ⁻¹ (mg/l)	34-2800	ND	**4.367	ND	4.487
Na ⁺¹ (mg/l)	0-7.700	ND	**3.089	ND	1.950
K ⁺¹ (mg/l)	2.8-3.770	ND	**1.681	ND	2.277
Ca ⁺² (mg/l)	5-4.080	ND	ND	41,1 – 80,4	78,6
Fe (total) (mg/l)	0.2-5.500	1,14 – 3,25	*153	4,90 – 9,89	11,3
Mg ⁺² (mg/l)	16.5-15.600	35 - 63	*1.507	17,5 – 36,5	173
NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	ND	594 - 1610	**1.815	955	ND
Al ⁺³ (mg/l)	ND	ND	ND	0,265 – 0,779	1,88
Zn ⁺² (mg/l)	0-1000	0,24 – 2,55	*50	0,064 – 0,168	0,22
Mn ⁺² (mg/l)	0.6-1.400	0,05 – 0,24	*25	0,058 – 0,13	0,17
Ba ⁺² (mg/l)	ND	ND	ND	0,058 – 0,267	0,65
Ni ⁺² (mg/l)	ND	0,07 – 0,18	*74	0,153 – 0,248	0,31
Cr(total) (mg/l)	ND	0,03 – 0,15	*16	0,040 – 0,050	0,5
Cu ⁺² (mg/l)	0-9.9	<0,05	*25	0,014 – 0.036	0,12
Cd ⁺² (mg/l)	ND	<0,01	*9	0,027 – 0,039	0,007

Fonte: Extraído de LIMA, 2003 - (1) Variações EPA, 1973; (2) Aterro de Junk Bay/China, 1994; (3) Aterro de Gramacho/RJ, *1994 e **2001; (4) Lixão do Distrito Federal/DF, 1996; (5) Aterro de Jangurussu/CE, 2000.

Como se pode depreender da **tabela 2.3**, existe uma grande diferença entre os valores encontrados na maioria dos parâmetros analisados, o que comprova o grau de complexidade pertinente ao chorume.

2.3.4. Estimativa da quantidade de chorume produzido

Como a vazão ou o volume de chorume gerado está intimamente ligado a diversos fatores, como relatado no item 2.3.3, observam-se variações intensas desses valores ao longo dos anos, assim como em um particular ano, e ao longo dos dias.

A principal hipótese a ser adotada se refere à vazão de chorume quando da precipitação da chuva. Considera-se que a fonte única que irá produzir o chorume é a precipitação atmosférica, observando-se que no Brasil essa praticamente só ocorre na forma de chuva.

Entretanto, nem toda a água precipitada tornar-se-á chorume. Para determinar qual a parcela que efetivamente o resultará, a literatura aponta para um método adotado na Suíça. Este método aplica coeficientes empíricos, que dependem do grau de compactação do lixo (CETESB, 1979) ou seu peso específico (LIMA, 1995), conforme se segue:

Para aterros pouco compactados, com o resíduo aterrado apresentando um peso específico entre 4kN/m^3 e 7kN/m^3 , estima-se que 25 a 50% da precipitação média anual que incide sobre a área do aterro transforme-se em chorume.

Para aterros mais compactados, com peso específico maior que 7kN/m^3 estima-se que 15 a 25% da precipitação média anual que incide sobre a área do aterro transforme-se em chorume.

Na **tabela 2.4**, são apresentados os resultados de estudos realizados na Alemanha em vários aterros em diferentes fases de operação. Pode-se observar claramente o efeito da compactação sobre a produção de chorume. Nota-se que quando o aterro é compactado com tratores de esteira a produção de chorume varia de 25 a 50% da precipitação. Quando o aterro é compactado com tratores tipo pé de carneiro a porcentagem de precipitação que se transforma em chorume cai para valores entre 15 e 25%.

Tabela 2.4. Porcentagem da precipitação que se transforma em chorume segundo o tipo de compactação

Aterro Sanitário	Precipitação (mm/ano)	% da precipitação que torna-se chorume	Produção de chorume (m ³ /had.dia)
Compactação com trator de pé de carneiro			
1	625	15,1	2,7
2	651-998	12,1-29,8	3,2-8,1
3	651-998	16,9-21,6	3,0-5,9
4	632	16,3-18,3	2,8-3,2
5	509	16,8	2,3
6	556-1.057	15,6-19,6	2,6-5,1
7	770	3,3-7,2	0,7-1,1
8		22	3,7
9		38	6,7
Compactação com trator de esteiras			
10	571	31,3	4,9
11	501-729	25,0-48,2	5,3-8,3
12	662	58,2	10,6
13	632	32,3	5,9
14	565-655	39,2-42,0	6,1-7,5
15	636	19,9-21,4	3,5-3,7

Fonte: EHRGI, 1983 citado por CHRISTENSEN et al, 1989.

Contudo, a forma mais adequada de estimar a produção de chorume em um aterro sanitário e que deve ser utilizada quando o projeto for de maior porte é aquela que se baseia no balanço hídrico, método proposto por Hanley e Geare, 1975 (CETESB, 1993). Esse consiste na soma das parcelas de água que entram e na subtração das parcelas que deixam a célula do aterro mensalmente.

Portanto a metodologia do balanço hídrico para estimativa da produção de chorume é, resumidamente, o cômputo, mês a mês das parcelas conforme apresentado na **figura 2.3**.

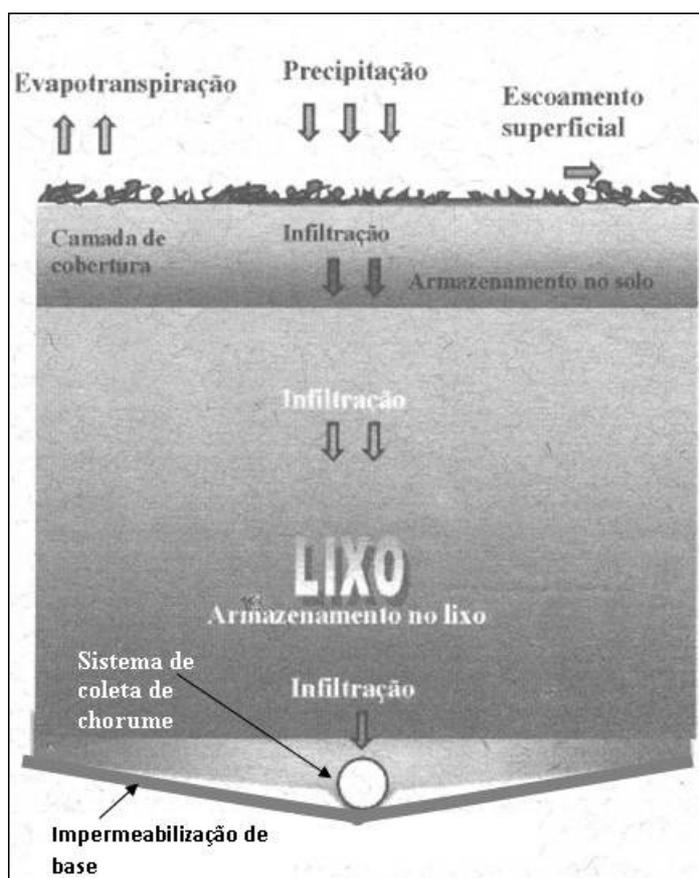


Figura 2.3. Esquema resumido das parcelas utilizadas para o cálculo da vazão do chorume pelo método do balanço hídrico. Fonte: Adaptado de Jardim, et al, 1995.

Dentre as fontes de umidade que interagem com o lixo, a água que entra pela face superior, através da percolação pela camada de cobertura, corresponde à parcela mais relevante. Portanto, conhecer o regime de chuvas do local de implantação do aterro é condição primordial para se iniciar o cálculo do balanço hídrico. Preferencialmente deve-se utilizar dados históricos mensais da pluviometria, obtidos em estações meteorológicas o mais próximo possível do local de instalação do aterro.

Como a camada de cobertura é um meio poroso, há infiltração da água que inicialmente atinge o solo, até o momento que as suas camadas superiores se saturam e não consigam mais admitir a entrada de água. A partir desse momento, o excesso não infiltrado começa a escoar pela superfície.

O escoamento superficial sobre o solo saturado é formado inicialmente por pequenos filetes de água que, por meio da gravidade, escoam para os pontos mais baixos, onde devem ser instalados os sistemas de coleta. A água que escoar na superfície pode infiltrar novamente se encontrar uma superfície de solo não saturado.

A água que não entrou em contato com o lixo e, portanto, não se constitui em fonte formadora de chorume, pode ser encaminhada para a rede de drenagem de águas pluviais

como acontece nos aterros sanitários. Logo, o escoamento superficial sobre o solo saturado deve ser a primeira parcela a ser subtraída do total precipitado.

A parcela da precipitação que forma o escoamento superficial pode ser calculada utilizando-se vários métodos, sendo o mais comum o método racional. Esse método é largamente utilizado em projetos de drenagem urbana. Embora frequentemente criticado, para bacias pequenas e de moderada complexidade, esse método apresenta resultados bastante satisfatórios.

A parcela de água que infiltrou no solo sofre a ação de forças capilares e da gravidade, prosseguindo seu caminho para camadas inferiores e atingindo a massa de resíduo aterrado, umedecendo-a de cima para baixo, modificando gradativamente o perfil de umidade no interior da célula.

No tocante ao movimento da água através da massa de resíduo aterrado, pode-se considerar o lixo como sendo um solo com características particulares, onde é possível adotar alguns conceitos aplicáveis aos solos. A capacidade de campo, se constitui num bom exemplo de conceito originado do estudo da infiltração em solos.

Cessada a precipitação, o aporte de água na superfície pára, findando o processo de infiltração. Porém, isso não implica que a movimentação de água no interior da célula deixe de existir. O fluxo descendente de água continua em função da força gravitacional ou da pressão que a coluna de água infiltrada impõe.

Parte da umidade presente no solo de cobertura é transferida para a atmosfera por evaporação direta ou por transpiração dos vegetais. O crescimento de vegetais sobre a cobertura final da célula promove uma perda de água para a atmosfera por evapotranspiração (somatória das perdas por evaporação do solo e por transpiração das plantas) que é superior àquela que se perderia do solo sem cobertura vegetal. Considerando que é desejável minimizar a quantidade de água que se infiltra, recomenda-se prover as células com uma fina camada de terra fértil sobre a cobertura final, onde algumas espécies vegetais possam se desenvolver.

Existem na literatura especializada, várias formulações empíricas e semi-empíricas para a estimativa da parcela que é transferida para a atmosfera. Essas equações foram estabelecidas com base em ajustes das variáveis envolvidas para algumas regiões e condições específicas (TUCCI, 1993) e, portanto, devem ser empregadas com bastante critério.

Sempre que possível deve-se dar preferência a dados obtidos por medições diretas. Algumas estações meteorológicas contam com instrumental adequado para a estimativa da evaporação (tanques de evaporação) ou da evapotranspiração (lisímetros).

Essa parcela de água que vai para a atmosfera na forma de vapor deve ser subtraída da água que infiltrou, mês a mês, pois não resultará na produção de chorume. Essa subtração nem sempre resulta em valor positivo. Valores negativos são possíveis e significam que em um determinado mês a célula perdeu umidade e uma parcela menor de chorume será coletado.

Porém, se esse valor for positivo haverá uma recarga desta umidade repondo o que foi perdido nos períodos mais secos. Persistindo esta situação, como, por exemplo, durante a época de chuvas mais intensas, a capacidade de campo da massa de resíduos pode ser atingida, momento em que qualquer acréscimo na quantidade de líquido no interior da célula resultará em aumento da geração de chorume.

Existem programas computacionais dotados de banco de dados meteorológicos que permitem o cálculo do balanço hídrico, mas como esses programas são importados, a aplicação deles à realidade brasileira fica comprometida face à ausência de dados aplicáveis a essa realidade.

A fisiografia da bacia Iguaçu-Sarapuí é caracterizada principalmente por duas unidades de relevo: a Serra do Mar e a Baixada Fluminense, com um forte desnível de 1.600m do ponto mais alto da serra (o pico do Tinguá) até a planície.

Essa bacia, segundo deliberação da Comissão Estadual de Controle Ambiental, CECA nº804 de fevereiro de 1986, está contida na Região Hidrográfica 05, cujas bacias são contribuintes à Baía de Guanabara. Limita-se ao norte com a bacia do Rio Paraíba do Sul, ao Sul com a bacia dos Rios Pavuna/Meriti, a leste com a bacia dos Rios Saracuruna e Inhomirim/Estrela e a oeste com a bacia do Rio Guandu e outros afluentes da baía de Sepetiba.

O rio Iguaçu tem suas nascentes na serra do Tinguá, a uma altitude de cerca de 1.000m. Desenvolve seu curso no sentido sudeste, com uma extensão total de cerca de 43km, desaguando na baía de Guanabara, como apresentado na **figura 3.2**.

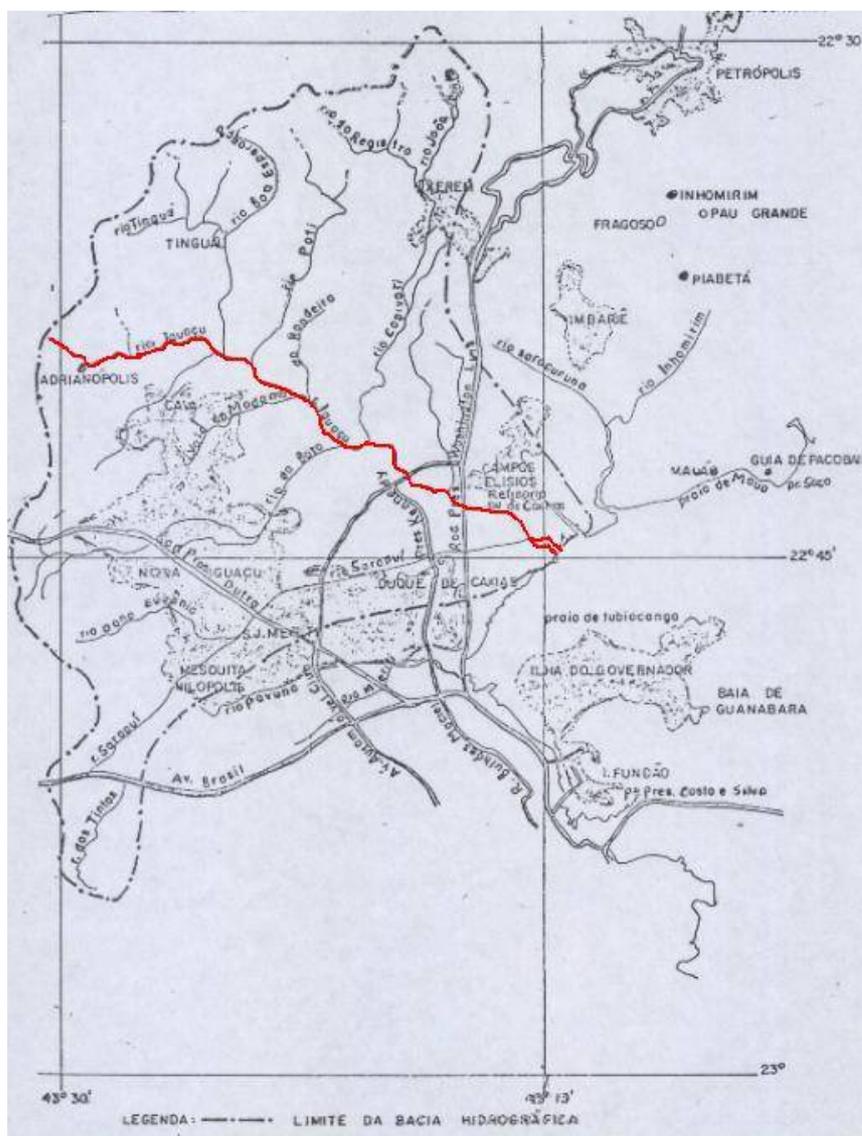


Figura 3.2. Localização do rio Iguaçu na bacia. Fonte: SERLA, 1993.

Os principais afluentes do rio Iguaçu, como pode ser observado no diagrama unifilar apresentado na **figura 3.3**, são os rios: Tinguá, Pati e Capivari, pela margem esquerda, e Botas e Sarapuí pela direita.

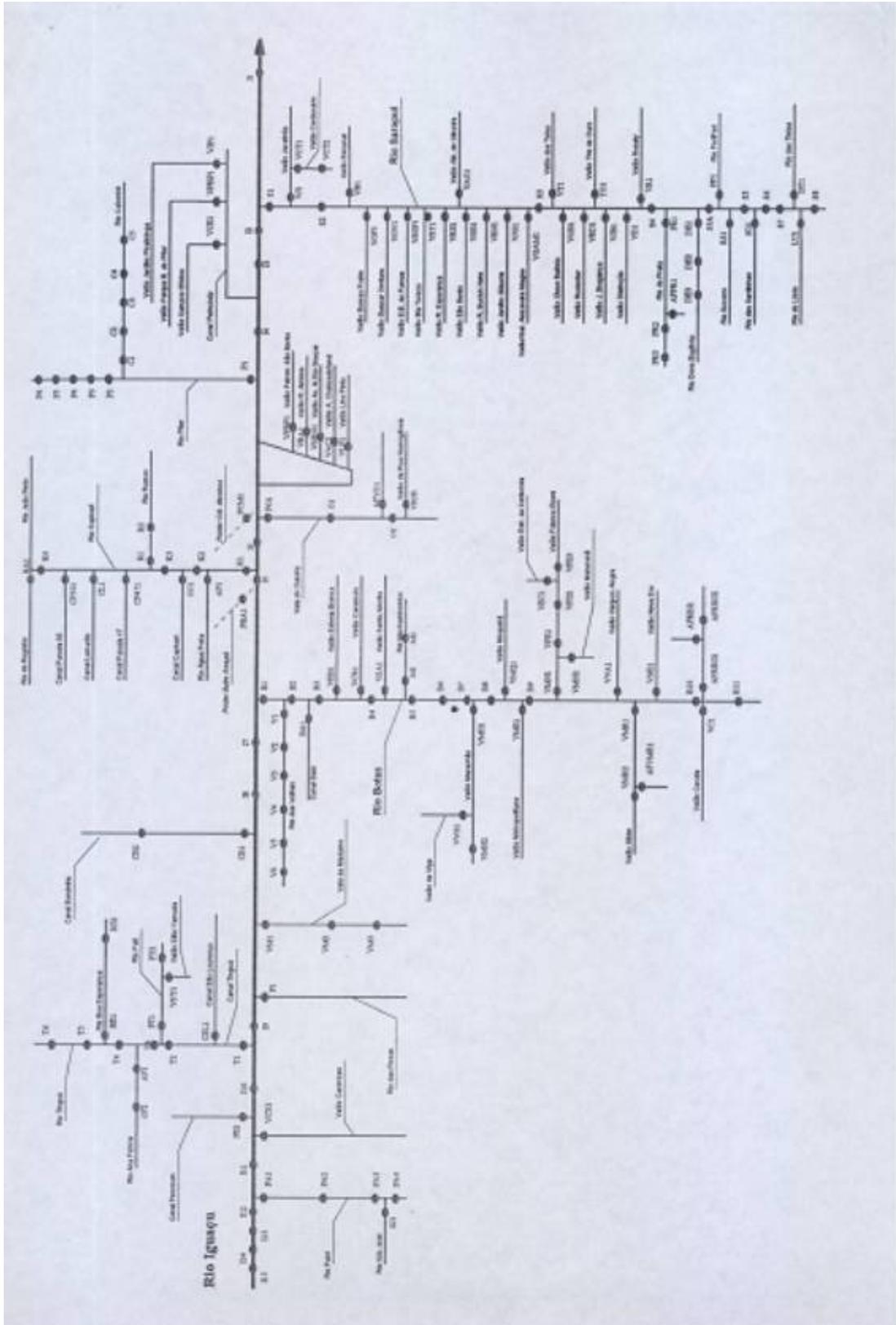


Figura 3.3. Diagrama unifilar do rio Iguaçu. Fonte: SERLA, 1996.

A região específica deste estudo está localizada no curso médio do Rio Iguaçu, que se estende desde a confluência do Rio Botas até as cercanias de Adrianópolis, mais precisamente na região da Marambaia, junto à Vila de Cava. As características desse trecho estão apresentadas na **tabela 3.1** - rio Iguaçu à montante do rio Bota.

Tabela 3.1. Características fisiográficas e vazões máximas na bacia do rio Iguaçu.

Bacia	Área (km ²)	Comp. (km)	Larg. (km)	Tc* (h)	Q (m ³ /s) Tr = 20 anos
Rio Bota	120,5	25,6	4,7	6,82	172
Rio Iguaçu (mont. Bota)	259,1	26,4	9,81	3,34	202
Rio Iguaçu (mont. Bota)	259,1	26,4	9,81	3,34	202
Rio Capivari	111,3	28,4	3,91	2,90	105
Canal Outeiro	13,6	6,9	1,96	1,39	56
Rio Pilar	29,4	12,6	2,34	3,65	94
Rio Calombé	12	8,9	1,35	2,97	47
Rio Sarapuí	168	36,8	4,56	10,40	289**
Rio Iguaçu (foz)	726	42,8	17,2	5,74	396**

*Tc – tempo de concentração da bacia

** considera o efeito da barragem de laminação de cheias no rio Sarapuí, no Campo de Gericinó.

Fonte: SERLA, 1993

Com relação à qualidade da água, o rio Iguaçu está enquadrado na classe 2, que, de acordo com a Resolução CONAMA 20/86, abrange corpos d'água potencialmente aproveitáveis para abastecimento doméstico mediante tratamento convencional, bem como para proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, e criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

Entretanto, de acordo com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, FEEMA (1984) o rio Iguaçu encontra-se altamente poluído, podendo ser comparado a valas de esgoto a céu aberto. Os resultados obtidos pela FEEMA em um ponto de monitoramento do rio, até 1984, indicam violação dos padrões recomendados nos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal e fósforo total (100% de violação), coliformes fecais (91%), nitrogênio orgânico (36%), níquel (27%), e demanda biológica de oxigênio (DBO) e chumbo (18%).

Verifica-se que os parâmetros mais críticos são os indicativos de poluição por matéria orgânica. Quanto à contaminação por metais pesados, apenas o níquel e o chumbo excederam os níveis máximos admitidos. Entretanto, a FEEMA destaca a presença também de ferro, cromo e cádmio.

Dentre os trabalhos de determinação de vazão desenvolvidos para a região destacam-se os da SERLA na década de 90. Com base nos resultados obtidos por esse órgão, as descargas máximas prováveis para o rio Iguaçu são apresentadas na **tabela 3.2**.

Tabela 3.2. Descargas máximas prováveis

Seção de estudo	Foz
Área de drenagem (km ²)	726,00
Descarga máxima provável (m ³ /s)	
• TR = 50 anos	1.860,00
• TR = 100 anos	2.148,00

Fonte: Projeto de macro e mesodrenagem das bacias dos rios Sarapuí e Pavuna-Meriti, SERLA, 1992.

A precipitação média anual sobre a bacia do rio Iguaçu-Sarapuí é da ordem de 1700mm alcançando índices superiores a 2000mm no topo das serras, e 1300mm nas áreas de baixada. O período chuvoso se estende de novembro a abril, sendo dezembro o mês de maior pluviosidade. O período seco compreende os meses de maio a outubro, sendo junho e julho o bimestre mais seco (SERLA, 1996). As precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas de Nova Iguaçu e Xerém são indicadas na **tabela 3.3**.

Tabela 3.3. Precipitações médias mensais e média anual, período de 1976 a 1990.

Estação	Média mensal (mm)												Média Anual (mm)
	jan	fev	Mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Nova Iguaçu	201	163	153	115	59	39	35	44	73	86	107	252	1326
Xerém	319	215	229	216	98	91	75	100	137	145	261	355	2242

Fonte: SERLA, 1993.

O clima da bacia é quente e úmido com estação chuvosa no verão, com temperatura média anual em torno de 22°C. Os rios descem as serras em regime torrencial, com forte poder erosivo, alcançando a planície, onde perdem velocidade e extravasam de seus leitos em grandes alagados (SERLA, 1996).

A cobertura vegetal da bacia ainda remanescente ocorre predominantemente ao norte e nordeste, na serra do Tinguá, e na serra de Madureira/Mendanha. Na parte central da bacia, onde se distribui um relevo de morrotes meias-laranjas entremeado de várzeas, cultivadas ou não, predomina o uso pecuário, com pastagens extensivas (SERLA, 1996).

É na Baixada que se concentra a área urbana da bacia, onde vivem cerca de 2,1 milhões de pessoas em baixíssimos níveis de qualidade de vida, com mais da metade da população vivendo com renda familiar inferior a um salário mínimo e cerca de 23% das famílias em

condições de indigência. As condições de saneamento básico, educação, saúde e infraestrutura urbana são extremamente precárias. A coleta de lixo, irregular, cobre menos de 60% da bacia. As redes de esgotamento sanitário atendem a apenas 21% das residências e o abastecimento de água a 51% (PNSB-IBGE, 2000).

A seguir relata-se a caracterização do município de Nova Iguaçu, município onde a área desta pesquisa se encontra inserida.

3.2. O MUNICÍPIO DE NOVA IGUAÇU

3.2.1. Localização

O município de Nova Iguaçu integra a Baixada Fluminense e faz parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Geograficamente, Nova Iguaçu limita-se ao norte, com os municípios de Vassouras e Miguel Pereira; ao sul, com os do Rio de Janeiro, Nilópolis e São João de Meriti; a leste, com os de Duque de Caxias e Belford Roxo; e a oeste, com os de Paracambi, Japeri, Queimados e Itaguaí. O mapa de localização do município está apresentado na **figura 3.4**.



Figura 3.4. Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE, 2000.

O município ocupa uma área de 566,6 km². Sua sede está situada a 22°45'33"S e 3°27'04"W, a uma altitude média de 25 metros. 43,16% do município se encontra inserido na bacia do rio Iguaçu, o que corresponde a 244,5 Km² de seu território (SERLA, 1996).

3.2.2. Clima

Nova Iguaçu está situada em região de planície, destacando-se ao norte a serra do Mar, ao sul os maciços da Tijuca e de Jacarepaguá, a leste a baía de Guanabara e a oeste a serra da Madureira. A área assim definida possui um microclima típico de região litorânea tropical úmida (IBAM/DUMA, 2000).

A distribuição sazonal da média de precipitação apresenta o valor máximo no verão, com 208,4 mm, e o mínimo no inverno, com 62,5 mm. O total médio anual é de 1.595,3 mm e a variação sazonal mensal mostra que janeiro é o mês mais chuvoso com 229,0 mm. Julho é o mais seco, com 51,4 mm de precipitação (IBAM/DUMA, 2000).

A distribuição sazonal da média da evaporação apresenta o valor máximo no verão com 64,3 mm. O valor mínimo ocorre no outono, com 49,6 mm. A média anual é de 703,3 mm e a variação mensal mostra que janeiro é o mês com valor máximo de 70,7 mm. Maio é o mês com o valor mínimo chegando a 48,8 mm (IBAM/DUMA, 2000).

A circulação do vento à superfície revela que no verão e no outono o escoamento predominante tem a direção sul-sudeste, com velocidade entre 3 e 4 m/s. No inverno predomina o vento leste com velocidade entre 4 e 5 m/s. Na primavera o escoamento atua novamente no sentido sul-sudeste, com velocidade de 4 m/s (IBAM/DUMA, 2000).

3.2.3. Geologia, hidrogeologia e fisiografia

O município situa-se nos domínios da unidade das planícies litorâneas, que se estende ao longo do litoral, entre as colinas e os maciços costeiros e escarpas da serra do Mar. Podem ser encontradas rochas de idades pré-Cambrianas, Mesozóico-Terciárias e Quaternárias (IBAM/DUMA, 2000).

Nova Iguaçu ocupa porções de dois tipos de relevo. A ocorrência sobre a área de baixada, objeto deste estudo, se reflete sobre as Planícies Costeiras, que compreendem superfícies planas e de baixas altitudes, que estendem-se desde a linha de costa até as falésias dos Tabuleiros (Formação Barreiras) e as encostas das Colinas e Maciços Costeiros, além de acompanhar os vales fluviais. As Planícies Costeiras são constituídas por sedimentos Quaternários. Nesses ambientes, destacam-se as planícies fluviais, onde os vales dos rios

apresentam fundo deposicional plano. O modelado das feições gera as rampas de colúvios e os desmoronamentos de massas, que se somam às características dos canais fluviais (IBAM/DUMA, 2000).

Os fatores geológicos, geomorfológicos e climatológicos da região são os condicionantes básicos para a formação das bacias hidrográficas e dos sistemas aquíferos, sendo que estes se distinguem pelas características litológicas dos terrenos e por suas propriedades hidráulicas (IBAM/DUMA, 2000). Na área ocorrem dois sistemas aquíferos: o cristalino associado às fraturas, aos lineamentos e à espessura do manto de intemperismo; e o sedimentar, cuja permeabilidade se associa à porosidade granular, sendo essa última concernente do objeto deste estudo.

O sistema aquífero sedimentar corresponde aos depósitos sedimentares do quaternário, que estão presentes na área sob a forma de depósitos aluvionares, constituídos predominantemente de cascalhos, areias e siltes inconsolidados. Esses depósitos ocorrem próximo aos talvegues e ao longo do leito dos rios, englobando as calhas maior e menor dos cursos d'água e constituindo as planícies de inundação. Sua permeabilidade está associada à porosidade granular, o que resulta em níveis freáticos bastante superficiais que constituem bons reservatórios de água (IBAM/DUMA, 2000).

Independentemente das feições estruturais, as rochas cristalinas são cobertas por uma espessa camada de alteração ou manto de intemperismo, que constituem-se, também, em aquífero do tipo poroso ou granular. É um fator de grande influência na recarga do aquífero cristalino e, também, no escoamento básico da rede de drenagem superficial, que mantém o regime perene dos rios (IBAM/DUMA, 2000).

3.2.4. Vegetação

A vegetação original da região em que se situa o município de Nova Iguaçu compreendia ecossistemas típicos das fitoformações atlânticas. As planícies eram ocupadas por densa vegetação arbórea pluvial de características perenifólia, na qual predominavam os mesofanerófitos, com árvores variando de 8 a 30 m de altura. Nas terras mais baixas o aspecto era semelhante, com exceção do extrato herbáceo, composto de aráceas e marantáceas nas áreas sujeitas a inundações periódicas. A floresta tropical úmida ocupava desde a base das serras, onde se limitava com as formações de baixada, até a altitude média de 1.200 metros (SERLA, 1993).

A degradação ambiental da região teve início com o extrativismo simples, praticado à época da colonização. Daí até meados da década de 40, a cobertura florestal foi drasticamente

reduzida, como resultado de três ciclos econômicos sucessivos: o da cana e o do café, em grandes propriedades rurais, e o da laranja, que deu origem ao parcelamento do solo em minifúndios. Com o processo de industrialização do país, iniciado na década de 40, associado ao êxodo rural, a região situada na periferia da então capital federal foi sendo gradativamente ocupada, passando a assumir características predominantemente urbanas.

Os ciclos agrícolas e a posterior urbanização modificaram enormemente os ecossistemas naturais, restando hoje, praticamente, apenas os remanescentes da floresta atlântica nas encostas da serra do Mar. As fitofisionomias características da área e sua situação atual podem ser agrupadas em quatro formações (IBAM/DUMA, 2000), sendo duas delas características das regiões de baixada, abrangência deste estudo, como segue.

- ***Formações pioneiras com influência fluvial*** - São áreas de acumulação sedimentar dos rios, lagoas e outros corpos d'água, que constituem os terraços aluviais sujeitos ou não a inundações periódicas. Esses biótipos são de pequena proporção e a vegetação que aí se desenvolve depende da intensidade e da duração da inundação. A fisionomia vegetal desses ambientes é herbácea e se caracteriza pela predominância dos gêneros *Typha*, *Cyperus* e *Eleocharis*. Na maioria das vezes, os solos dessas áreas são ácidos, necessitando de correção e obras de drenagem para o desenvolvimento de atividades agrícolas e a formação de pastagens. Não obstante, são comumente usados com essas finalidades na região.
- ***Floresta ombrófila densa das terras baixas*** - Essa foi a mais afetada das formações florestais que cobriam a área em questão. Atualmente, nota-se a ocorrência de pequenos agrupamentos de vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão vegetal, mas com uma composição de espécie bastante diferente das fitoformações originais. Pode-se observar espécies típicas dessa mata distribuídas dispersamente pela área, como indicadoras das formações originais. Algumas dessas espécies são: figueira do brejo (*Ficus organensis*), figueira (*Ficus*), ipê do brejo (*Tabebuia umbelata*), ipê amarelo (*T. serratifolia*), jenipapo (*Genipa americana*), embaúba (*Cecropia*) e uma quantidade razoável de palmeiras.

3.2.5. Aspectos sócio econômicos

3.2.5.1. Aspectos demográficos

A partir da década de 50 a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) teve seu processo de crescimento acelerado por vários fatores, que vão da inexistência de uma política agrária capaz de evitar o êxodo rural à esperança de integração ao mercado de trabalho de uma das regiões mais desenvolvidas do país. Inicialmente, o município do Rio de Janeiro canalizou esse crescimento, porém com a saturação de suas áreas urbanas os fluxos migrantes se redirecionam para os municípios periféricos, com destaque para os que compõem a Baixada Fluminense, especialmente Duque de Caxias e Nova Iguaçu (SERLA, 1996).

Em 1950, o município do Rio de Janeiro concentrava 72,3% da população da RMRJ. Nas décadas seguintes essa concentração foi-se reduzindo gradativamente, caindo para 65,8% em 1960, 60,0% em 1970, 56,5% em 1980 e 54,1% em 1991. Paralelamente, a participação dos municípios de Nova Iguaçu, Queimados, Belford Roxo e Japeri na composição da população da região aumentaram de 4,3% em 1950 para 7,2% em 1960, 10,3% em 1970, 12,1% em 1980 e 13,0% em 1991, indicando um redirecionamento dos fluxos migratórios para a periferia do grande centro.

De acordo com o Instituto Nacional de Geografia e Estatística, Nova Iguaçu abrigava 666.805 habitantes em 1.980, com apenas 2.954 na área rural, indicado um nível de urbanização de 99,6%. Em 2.000, o município contava com 920.599 habitantes, nenhum deles na área rural, elevando o nível de urbanização a 100%. A densidade demográfica em 2.000 era de 1.757 habitantes/km².

Quanto ao saneamento básico o IBGE, 2.000, indica que 80,91% dos domicílios do município de Nova Iguaçu possuem rede de abastecimento de água, 16,34% deles são abastecidos por poços ou nascentes e 2,75%, utilizam outras formas de abastecimento.

Dos domicílios com banheiro ou sanitário (99,08%), somente 51,35% são atendidos por rede de esgotamento sanitário. Já quanto a coleta de lixo domiciliar, 88,25% dos domicílios são atendidos pela coleta porta a porta, ficando 11,75% deles sem atendimento.

Cabe ressaltar que são médias superiores às médias encontradas para a bacia, relatadas no item 3.1.

3.2.5.2. Saúde

Segundo o IBGE, em 2.002 existiam 109 estabelecimentos de saúde, sendo que 25 deles eram públicos e 84 privados.

As doenças do aparelho circulatório são a maior responsável pelos óbitos registrados em Nova Iguaçu em 2003 (38,2%). As doenças do aparelho respiratório respondem por 13% e as doenças infecciosas e parasitárias por 10,9%. As enfermidades de maior ocorrência foram a diarreia e a tuberculose pulmonar, doenças que estão diretamente associadas a condições de vida da população, à carência de infra-estrutura de saneamento e à deficiência dos equipamentos de saúde.

CAPÍTULO 4. O LIXÃO DA MARAMBAIA

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O destino final dos resíduos sólidos urbanos coletados pela Prefeitura Municipal de Nova Iguaçu, PMNI, eram encaminhados, desde o final da década de 80 até inícios de 2003, para o “Lixão da Marambaia“. Situado em terreno cedido por particular, nesse lixão não se verificavam condições adequadas de atendimento aos requisitos mínimos de ordem sanitária e ambiental.

Em vistas de reverter este quadro, a PMNI selecionou através de edital público uma empresa capacitada para a implantação das obras, fornecimentos e serviços para instalação do sistema de destino final de resíduos sólidos urbanos do município, e sua posterior operação, através de contrato de concessão. A empresa vencedora da concorrência pública foi a S.A Paulista de Construções e Comércio.

Os primeiros estudos técnicos, realizados no primeiro semestre de 2001, constataram a inviabilidade de continuidade de operações no Lixão da Marambaia, tanto para tipos específicos de lixo e mesmo em pequenas quantidades visando o atendimento de bairros próximos e distantes do bairro de Adrianópolis, localização no novo aterro sanitário.

Em fevereiro de 2003, empresa a SA Paulista iniciou a operação do Aterro Sanitário de Adrianópolis, possibilitando assim a desativação do antigo Lixão. Paralelamente foi definido um projeto de engenharia para o encerramento adequado do lixão em bases adequadas, bem como a recuperação ambiental da área degradada.

4.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO DA MARAMBAIA

O antigo lixão situa-se na localidade de Vila de Cava, na região leste do município de Nova Iguaçu, com limite próximo à divisa com o município de Duque de Caxias. A área localiza-se entre coordenadas UTM 23K 7494000/863250 e 23K 749330/664000. Limita-se com o rio Iguaçu ao norte, a Estrada Zumbi dos Palmares (RJ-111) a oeste e terrenos particulares nas outras direções. O mapa de localização da área do lixão encontra-se apresentado na **figura 4.1**.

O acesso à área se faz pela estrada Zumbi dos Palmares, rodovia pavimentada que liga o bairro Vila de Cava a Tinguá.

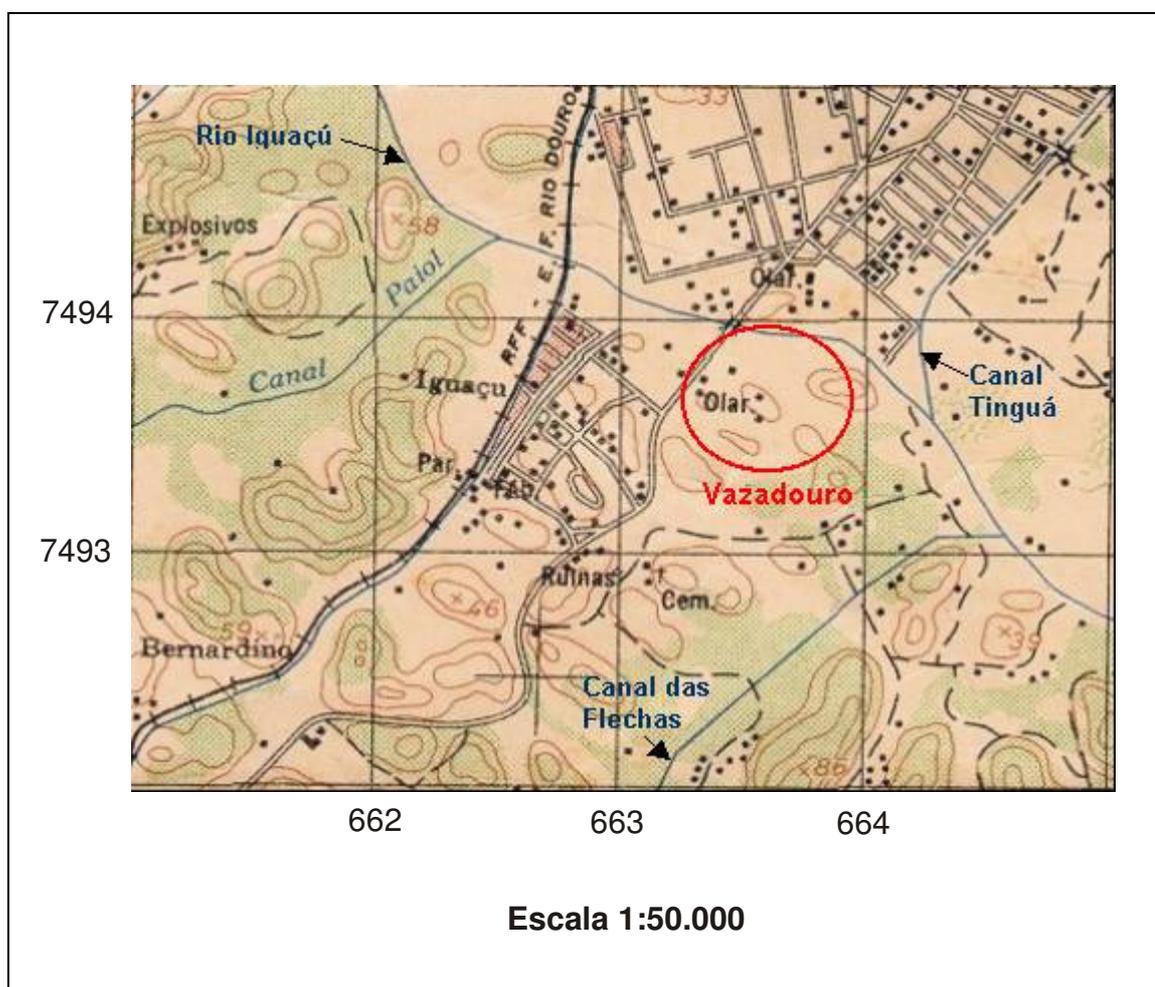


Figura 4.1. Localização da área do lixão. Fonte: Adaptado da Folha de Cava DSG, 1966.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO

A área ocupada com a disposição inadequada dos resíduos sólidos abrange cerca de 200.000 m², em uma região construída por morrotes de baixa altitude. A ação antrópica do local é significativa, onde grande parcela da área do seu entorno vinha sendo explorada por atividade ceramista (Cerâmica Iguazu Velho). As áreas mais planas do terreno original entremeavam os morrotes, estendendo-se no limite norte até o rio Iguazu e na porção oeste, com a estrada Zumbi dos Palmares.

A bacia drenante da área é constituída pelo rio Iguazu e seus afluentes: o Canal do Tinguá pela margem esquerda e o Canal das Flechas pela margem direita, como apresentado na figura 4.1.

O rio Iguaçu contorna a parte norte e nordeste do lixão a uma distância de 50 a 100 metros. A confluência com o Canal do Tinguá dista cerca de 600m do centro do lixão, e o Canal das Flechas passa à cerca de 800 metros a sudeste desse, desembocando pouco adiante no rio Iguaçu (DRM, 2001).

Além disso, há um córrego proveniente de uma nascente localizada na porção sudeste do lixão que corta o sítio vizinho à área e desemboca no Canal das Flechas. A linha de drenagem do córrego, bem como a proximidade desse sítio vizinho, podem ser observadas na **figura 4.2**. Nesse sítio, são cultivadas várias dezenas de árvores frutíferas (coco, laranja, tangerina, abacate, banana, limão), além de café, feijão, quiabo, e mandioca. Os cultivos continuam até hoje, porém os 2 poços de cacimba e um açude de criação de peixes, observados em 2001 (DRM, 2001) foram desativados, permanecendo em uso somente o poço tubular para o abastecimento geral do sítio.



Figura 4.2. Linha de drenagem do córrego e vista do talude do lixão.

Fonte: Mattos, 2005.

Na área do entorno também se pode observar a presença de brejos e lagoas constituindo exposições do lençol freático. As lagoas foram formadas pelas cavas abertas provenientes da atividade ceramista existente no passado.

A proximidade com o rio, especialmente se considerada a precariedade da forma de disposição de resíduos adotada ao longo dos anos, se constitui em uma condicionante de significativo impacto ambiental, agravado pela presença de lençol freático elevado, característico da região.

A cobertura vegetal na área de entorno do lixão é, em parte, constituída por resquícios de mata arbórea entremeada por vegetação de brejo e de cultivo, concentrando-se nas cotas

mais elevadas das vertentes opostas dos morrotes adjacentes e nas proximidades da margem do rio Iguaçu, com vários trechos com forte intervenção antrópica (DRM, 2001).

O substrato do local na área dos morrotes é constituído por um solo residual predominantemente argiloso com faixas ainda preservadas de material esbranquiçado de aspecto arenoso (ver **figura 4.3**).



Figura 4.3. Solo residual exibindo variação estrutural e textural.
Fonte: (DRM, 2001)

As jazidas de material argiloso encontradas na área não foram exploradas de forma racional ao longo dos anos, resultando em configurações irregulares que, além do comprometimento estético da paisagem, apresentam risco à segurança em função da forte inclinação dos taludes.

Em 2003 foi realizado um estudo com duas amostras superficiais do solo da Marambaia, que está sendo utilizado no trabalho de recuperação ambiental do lixão. As amostras foram submetidas a ensaios de permeabilidade de carga variável. Quando submetidos a esse ensaio, utilizando-se chorume proveniente do vazadouro em questão, observou-se valores para o coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-6} cm/s (ANDRADE e BORBA, 2003).

4.4. HISTÓRICO DA SITUAÇÃO OPERACIONAL DO LIXÃO

As informações contidas neste histórico foram obtidas através de reuniões com os técnicos da Empresa Municipal de Limpeza Urbana, EMLURB.

O início de operação do Lixão da Marambaia ocorreu em maio de 1987 chegando a atender uma demanda diária de até 1.000 toneladas de resíduos, transportados através de carretas de transferência ou pelos próprios caminhões coletores.

O local não era provido de balança rodoviária para controle das quantidades de resíduos sólidos depositadas, inexistindo também qualquer infra-estrutura específica e adequada para apoio aos serviços, exceto a instalação utilizada para a retirada de lonas das carretas.

Durante quase que a totalidade do período de operação, os acessos internos do lixão, não apresentavam pavimento ou qualquer tipo de proteção superficial, comprometendo o tráfego das carretas, veículos coletores e demais máquinas e equipamentos de operação, especialmente em períodos de chuva, devido à pista escorregadia e à formação de valas causadas pelos próprios pneus dos veículos em trânsito permanente.

Assim, era bastante comum, por ocasião das chuvas fortes, que os resíduos fossem descarregados sem qualquer controle ao lado da estrada de acesso à parte alta da área de disposição. Essa situação somente foi um pouco amenizada nos últimos meses de operação do lixão, quando se implantou uma capa asfáltica no trecho em aclive da via principal de acesso interno à área operacional (RESOL, 2003)

O espalhamento dos resíduos dispostos ficava a cargo de um único trator de esteiras, que era também utilizado para os serviços de compactação e recobrimento sanitário, devendo-se registrar aqui o caráter não regular de execução destes serviços, especialmente no que concerne à compactação (efetuada de maneira incipiente) e à cobertura da massa de lixo disposta, com a ocorrência de grandes superfícies de lixo descoberto (ver **figura 4.4**).



Figura 4.4. Situação do Lixão da Marambaia, maio 2000.
(Fonte: EMLURB, 2000)

As áreas utilizadas para disposição dos resíduos e que se encontravam recobertas por material terroso, possuíam uma cobertura precária de solo, com espessura apenas suficiente para o controle dos macro-vetores, o que se refletia no grande número de animais (bovinos, eqüinos, suínos e aves diversas) dentro da área operacional, bem como de moscas e outros vetores transmissores de doenças, todos atraídos pelos restos orgânicos expostos, com graves implicações de ordem sanitária.

A falta de recobrimento do lixo e de qualquer dispositivo para drenagem dos gases gerados também ocasionavam permanentes focos de incêndio, conforme apresentado ns **Figura 4.4**. Esse fato agravava ainda mais o quadro de degradação ambiental tanto pela poluição atmosférica, como os riscos à segurança de equipamentos e pessoas em atividade no local.

Ao longo da vertente norte da área de disposição, na parte baixa da gleba e que se limita com o rio Iguçu, havia uma série de depressões que se encontravam alagadas, onde se podia constatar a presença chorume misturado à água. Essas depressões também foram oriundas da exploração de material argiloso para a atividade ceramista como relatado anteriormente.

A falta do sistema de drenagem superficial visando o impedimento da entrada de água oriunda das precipitações pluviométricas pelo interior da massa de resíduos depositados resultava em elevada produção de chorume, potencializada pela inexistência de cobertura na maior parte da área operacional. A **figura 4.5** registra o acúmulo de chorume na ala leste da área.



Figura 4.5. Acúmulo de chorume, ala leste do lixão.

Fonte: (RESOL, 2003)

Os estudos elaborados no princípio do ano de 2001 mostram que entre o limite leste da área de disposição e o sítio, foi construído um dique, como pode ser observado na **figura 4.6**, como forma de conter os resíduos dispostos e controlar a percolação de chorume que estava sendo dirigido à área do sítio vizinho (DRM, 2001).

Estes estudos mostraram ainda que entre o dique de terra e a área de disposição de resíduos, foi implantada uma lagoa para armazenar o chorume (**figura 4.6**), muito embora não se tenha observado, à época, qualquer dispositivo ou procedimento para encaminhamento destes efluentes acumulados na lagoa para tratamento ou recirculação. Tal fato era constatado pela grande parcela do chorume que transbordava dessa lagoa, sendo a seguir drenado para o sítio e, na seqüência, em direção ao rio Iguaçu.



Figura 4.6. Dique para contenção de chorume e lagoa, ala leste.
Fonte: (DRM, 2001)

A área prevista para a localização da lagoa mencionada foi totalmente ocupada pela disposição descontrolada de resíduos, comprometendo ainda mais a eficiência do dique implantado.

Outro problema a ser destacado é de cunho social, decorrente da presença de grande contingente de catadores que, em condições inadequadas, procediam à separação de materiais recicláveis na massa de lixo disposta.

Em relação às técnicas de aterramento, destaca-se a falta de critério especificamente dirigido para o controle operacional de descarga e disposição dos resíduos, quer fossem os do tipo domiciliar, ou especiais, como os originários de serviços de saúde ou industriais.

Os resíduos eram dispostos sem qualquer planejamento de avanço operacional, não considerando os parâmetros geométricos de conformação das áreas aterradas ou mesmo critérios mais racionais de ocupação da gleba. Dessa forma, os taludes das células de resíduos encerradas se apresentavam em declividades acentuadas e sem qualquer tipo de proteção superficial.

4.5. LEVANTAMENTOS E INVESTIGAÇÕES PRELIMINARES, PRIMEIRO SEMESTRE DE 2001

Os levantamentos, investigações e ensaios realizados constituíram-se em elementos fundamentais para subsidiar a elaboração do projeto de encerramento e recuperação ambiental do

Lixão da Marambaia, além de fornecerem subsídios para avaliação das condições em que ocorreram as disposições dos resíduos no local.

Imediatamente após o contrato de concessão foi realizado um primeiro levantamento topográfico da área abrangida pelo lixão, seguindo-se a execução de uma campanha de sondagens a percussão e rotativas. Além disso, foi realizada uma série de ensaios de qualidade da água do lençol freático e do rio Iguaçu (a montante e a jusante da área de implantação do lixão), (SA Paulista, 2004).

4.5.1. Topografia

O primeiro levantamento topográfico na área do lixão foi executado em abril de 2001, com curvas de nível de metro em metro. Em fevereiro de 2003, quando do encerramento das operações de vazamento, outros serviços foram contratados visando a atualização de planialtimetria da área de projeto.

4.5.2. Sondagens

O objetivo de execução das sondagens foi determinar a profundidade do lençol freático e obter as características geológicas e geotécnicas do terreno, além de avaliar as condições de deposição de resíduos na gleba.

Foram executados 11 (onze) furos de sondagem á percussão, 1 (um) furo de sondagem rotativa e 7 (sete) furos sondagem mista (percussão e rotativa) envolvendo toda a área do lixão. Além disso, foram executadas 5 (cinco) investigações superficiais sobre a massa de lixo, com o auxílio de retro-escavadeira.

A terminologia adotada nos perfis está de acordo com os procedimentos sugeridos pelas Normas Técnicas Brasileiras, NTB, especificamente as normas NBR 7250 e 6502 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.

Os perfis de sondagem apresentam um solo residual predominantemente argilo-siltoso. As sondagens indicam o lençol freático elevado na porção leste/sul e leste/norte da área.

4.5.3. Ensaio de qualidade das águas

Foram coletadas e analisadas diversas amostras de água (superficiais e subterrâneas), sendo submetidas a testes de qualidade no Laboratório da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Os resultados dessas análises foram utilizados para a presente pesquisa e estão apresentados no Capítulo 6.

4.5.4. Avaliação do volume de resíduos dispostos no lixão

Utilizando-se dados do levantamento topográfico desenvolvido, bem como os resultados da campanha de sondagens, foi possível efetuar uma estimativa do volume de resíduos dispostos ao longo do período de operação do Lixão da Marambaia. Com estes dados chegou-se à conclusão de que foram dispostos um total de 1.914.498 m³ de resíduos no lixão. Adotando-se um peso específico de 1,3 toneladas/m³ (RESOL, 2003), obtém-se um peso total de 2.488.847 toneladas de resíduos dispostos.

Considerando-se que a operação do lixão teve início em maio de 1987, a disposição média diária de resíduos sólidos na área, até o final de abril de 2001 (data da realização destes estudos), correspondente, portanto, a um período de 14 anos, foi de cerca de 490 toneladas/dia.

Extrapolando-se esses dados até o final da vida útil do aterro, ocorrida em fevereiro de 2003, estima-se que mais cerca de 325.904 toneladas de resíduos formam dispostas na área. Com isto avalia-se que no Lixão da Marambaia foram dispostos, em toda sua vida útil, aproximadamente 2.814.751 toneladas de resíduos.

4.6. O PROJETO DE ENCERRAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL, MARÇO DE 2003

Conforme apresentado na introdução desta dissertação, o foco deste trabalho está concentrado no impacto ambiental causado especificamente sobre os recursos hídricos da região. Desta forma, limitou-se aqui em ressaltar somente os itens relacionados a esse aspecto específico.

O projeto executivo de encerramento e recuperação ambiental do vazadouro da Marambaia foi realizado pela Empresa RESOL Engenharia Ltda. Esse projeto visava alcançar os

seguintes objetivos: a) amenizar e conter a migração de chorume em pontos diversos do lixão; b) minimizar o encaminhamento de chorume pela superfície do aterro para os corpos d'água; c) projetar um sistema de drenagem superficial que reduzisse ao máximo o aporte de águas de chuva sobre os taludes de lixo.

O projeto previu a construção de diques verticais de argila compactada em trechos da periferia do maciço de lixo, bem como no perímetro do aterro mais próximo do rio Iguaçu. Os diques deveriam ser constituídos por material argiloso, sendo projetados e implantados de forma a conter ao máximo a fuga lateral do chorume. Em paralelo aos diques e internamente aos mesmos, deveriam ser implantadas linhas de drenos para captação do chorume, sendo o mesmo encaminhado para tratamento/recirculação sobre a massa de lixo disposta.

O chorume captado pelo sistema de drenagem seria direcionado para armazenamento em lagoas de acumulação, de onde seriam continuamente recirculados nas plataformas mais elevadas do aterro, através de bombas e tubulação de recalque.

O projeto previu a implantação de duas lagoas de acumulação de chorume: uma na porção sul do terreno, em área situada em cotas mais baixas que das plataformas de lixo aterrado; e outra na vertente norte.

Como forma de diminuir a geração de chorume, estava prevista a execução de cobertura impermeabilizante de argila compactada sobre as plataformas e taludes acabados, observando-se declividades adequadas no sentido transversal e no longitudinal. Essas ações teriam como objetivo direcionar adequadamente as águas pluviais para descarga nos dispositivos de drenagem adjacentes e evitariam a erosão da camada de cobertura do maciço.

O projeto do sistema de drenagem de águas pluviais planejava coletar as águas de chuva, evitando a ocorrência de erosões e ravinamentos indesejáveis nas plataformas e taludes acabados e minimizaria, a partir do afastamento das águas pluviais das áreas aterradas com lixo, os riscos de poluição e produção de chorume.

Considerou-se que o sistema de drenagem das águas pluviais seria subdividido em duas grandes áreas de contribuição (RESOL, 2003), a saber:

- na parte sul, com o encaminhamento das águas se dando no sentido de leste para oeste até as proximidades da entrada do lixão, de onde tomaria rumo sul, sendo direcionada à calha drenante natural;
- na porção norte, mediante a implantação de uma rede de captação a partir das plataformas superiores, direcionando as águas coletadas no sentido de leste para oeste, até a plataforma da cota 30, de onde tomariam rumo norte em pontos de onde as águas são lançadas na calha drenante natural, com destino ao rio Iguaçu.

4.6.1. Plano de monitoramento ambiental previsto no projeto executivo

O monitoramento ambiental do aterro teve como finalidade o acompanhamento das condições ambientais dos corpos d'água superficiais e da água subterrânea das áreas adjacentes ao vazadouro, permitindo a detecção de uma eventual contaminação local.

a) Instalação de instrumentos e dispositivos previstos para controle da contaminação dos recursos hídricos

Na área aterrada com o lixo deveriam ser instalados dispositivos para monitoramento ambiental, tais como piezômetros e poços de monitoramento.

Os poços de monitoramento da água subterrânea, num total de 3 unidades, deveriam ser instalados na encosta natural da vertente leste (1 unidade), na vertente norte (1 unidade) e na vertente sul (1 unidade), permitindo a adequada avaliação das condições ambientais.

Os piezômetros (4 unidades) deveriam ser instalados sobre o aterro de lixo, formando duas seções básicas de monitoramento do nível de chorume, permitindo a avaliação das condições de saturação do aterro e da eficiência dos drenos de chorume.

Os pontos de amostragem dos corpos hídricos superficiais do entorno da área do lixão, bem como do chorume, seriam definidos de maneira que pudessem efetivamente identificar a eventual influência do aterro na qualidade das águas superficiais e a eficiência dos sistemas e dispositivos de proteção ambiental implantados.

A localização desses pontos de monitoramento não deveriam ser alteradas, permitindo assim o estabelecimento de uma série histórica de dados, visando avaliar a performance dos sistemas e dispositivos de controle ambientais, ao longo dos anos.

b) Procedimentos de acompanhamento ambiental previstos no projeto executivo

O projeto previu a implantação de alguns dispositivos após o encerramento das atividades no vazadouro. No que concerne aos recursos hídricos, destacam-se:

monitoramento do lençol freático através de poços de monitoramento e dos corpos d'água superficiais localizados nas proximidades do vazadouro, próximo ao rio Iguaçu, com retirada de amostras de água e realização de análises físico-químicas de forma a detectar eventuais problemas;

monitoramento das características físico-químicas dos corpos d'água superficiais localizados nas proximidades do vazadouro, (rio Iguaçu), através de dois pontos de a-

mostragens, sendo um deles a montante e outro a jusante do empreendimento, seguindo a mesma locação para coleta de amostras de análises já efetuadas pela S.A Paulista, de forma a sinalizar para eventuais problemas de contaminação;

monitoramento de vazão e qualidade do chorume através de análises físico-químicas do efluente junto às caixas de passagem localizadas antes da entrada do chorume nas lagoas de acumulação e nos poços de bombeamento e recirculação de chorume após a lagoa, objetivando o acompanhamento das características do efluente e verificação da eficiência do sistema;

monitoramento dos níveis de chorume dentro do aterro, através das leituras dos piezômetros, dando subsídios para a avaliação das condições de estabilidade do aterro e eficiência dos drenos sub-superficiais implantados.

De posse desses dados, previu-se a elaboração periódica de relatórios de acompanhamento geotécnico e ambiental, permitindo o adequado gerenciamento dos sistemas implantados.

c) Parâmetros e frequência de análise de qualidade das águas e de chorume produzido previstos no projeto executivo

O projeto previu frequência de coleta e análise de amostras das águas superficiais e subterrâneas, bem como do chorume do aterro, inicialmente mensal para os 3 primeiros meses. Após esse período, em função dos resultados obtidos, a frequência poderia ser ajustada.

No caso de alguns dos parâmetros não apresentarem variação de valores significativa ao longo dos períodos, poderiam ter a frequência de análises mais espaçada.

Os parâmetros para a análise do o chorume previstos no projeto seriam: pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, carbono orgânico total, NPM coliformes totais e coliformes fecais, sólidos (totais, fixos e voláteis), sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis), sólidos dissolvidos (totais, fixos e voláteis), e metais (Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre, Cromo).

Os parâmetros de análise previstos para as águas superficiais, seriam: pH, cor aparente, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fosfato total, oxigênio dissolvido, NPM coliformes totais e coliformes fecais, sólidos (totais, fixos e voláteis), sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis), sólidos dissolvidos (totais, fixos e voláteis), e metais (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro total, manganês total, cobre, cromo total).

Com relação aos parâmetros de análise para as águas subterrâneas, previu-se adoção dos mesmos definidos para as águas superficiais, acrescidos das avaliações quanto a alcalinidade total e dureza total.

4.7. SITUAÇÃO ATUAL DO ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA

Como foi constatado através das visitas ao local até janeiro de 2005 e segundo informações obtidas com a equipe responsável pelas obras de remediação no antigo vazadouro da Marambaia (engenheiros da SA Paulista), toda a parte geotécnica prevista no projeto de remediação está concluída. A construção de um dos diques de contenção pode ser visto na **figura 4.7** e uma vista geral das obras de terraplanagem observa-se na **Figura 4.8**.

O sistema de drenagem de percolado, bem como a construção das lagoas de acumulação, também já foram executados, (**figuras 4.9, 4.10 e 4.11**) e atualmente inicia-se o plantio da vegetação sobre os taludes.

Entretanto, ainda não foram concluídas as obras de drenagem superficial, como também ainda não foi executada a drenagem de gases prevista no Projeto.



Figura 4.7. Execução dos diques de contenção. Fonte: ENLURB, 2003.



Figura 4.8. Vista geral das obras de terraplanagem, julho de 2004. Fonte: Mattos, 2005.



Figura 4.9. Execução dos drenos de chorume. Fonte: ENLURB, 2003.



Figura 4.10. Construção da lagoa, ala noroeste – agosto 2004. Fonte: Mattos, 2005.



Figura 4.11. Lagoa ala sudoeste, julho de 2004. Fonte: Mattos, 2005.

CAPÍTULO 5. AMOSTRAGENS E METODOLOGIA ADOTADA

5.1. ESTIMATIVA DO CHORUME PRODUZIDO

Como apresentado, o antigo Lixão da Marambaia recebeu resíduos oriundos do município de Nova Iguaçu durante quase 16 anos, mais precisamente durante 15 anos e 10 meses, durante o período de maio de 1987 a fevereiro de 2003.

Para o cálculo da estimativa de chorume produzido durante toda a vida útil do aterro, optou-se pela utilização do Método Suíço, citado no Capítulo 2. A opção por esta metodologia de cálculo baseia-se na inexistência de uma série de parâmetros no Lixão da Marambaia, necessários para a estimativa baseada no Método do Balanço Hídrico.

Como exposto no Capítulo 4, a área de disposição dos resíduos não recebeu, na maior parte dos anos de sua operação, cobertura significativa dos resíduos, ficando o lixo exposto e disposto em taludes com grande declividade. Teríamos, para a aplicação do método do Balanço Hídrico, que estimar um tipo de solo de cobertura.

Tampouco existiu na área uma camada de vegetação, gerando uma evapotranspiração, tendo-se que estimar novamente parâmetros para o cálculo, como o armazenamento de água no solo (Capítulo 2).

Portanto, para evitar que esses parâmetros fossem estimados, podendo causar maiores erros, optou-se pela utilização do Método Suíço, que estima a vazão de chorume por meio da seguinte expressão 1 (ORTH, 1981):

$$Q = \frac{1}{t}(P * A * k) \quad (1)$$

onde:

Q = vazão média do chorume (L/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m²);

t = número de segundos em um ano (31.536.000 s);

k = coeficiente que depende do grau de compactação do lixo (**tabela 5.1**)

Tabela 5.1. Valores de k para a aplicação do Método Suíço.

Tipo de aterro	Peso específico do lixo	k
Aterros fracamente compactados	0,4 a 0,7 ton/m ³	0,25 a 0,50
Aterros fortemente compactados	Acima de 0,7 ton/m ³	0,15 a 0,25

Fonte: Orth, 1981

De forma a obter uma estimativa mais próxima do real, utilizou-se para a parcela de precipitação média anual (1), não somente os dados pluviométricos, mas também, o balanço hídrico anual. Para este cálculo, considerou-se a não existência de evapotranspiração na área, subtraindo-se então, somente a pluviometria da evaporação real. Desta forma, a equação (1) passa a ser expressa pela expressão 2:

$$Q = \frac{1}{t} [(P - ER) * A * k] \quad (2)$$

onde:

ER = evaporação real (mm).

Para o cálculo da equação (2), adotou-se $k = 0,5$ e as médias anuais do município de Nova Iguaçu, apresentadas no Capítulo 3, a saber:

- precipitação (P) - 1.595,3 mm;
- evaporação (ER) - 703,3 mm.

Através destes cálculos, estima-se uma produção anual de chorume no Lixão da Marambaia, de aproximadamente de $Q=2,83$ L/s. Levando-se em consideração toda a vida útil do lixão, esta produção chega à ordem de $13,6 \times 10^8$ litros.

5.2. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO

Para este trabalho, foram realizadas 4 investigações de campo decorridas nos meses de julho, outubro e novembro de 2004, e em janeiro de 2005.

Mesmo sem a finalização das obras previstas no Projeto de Encerramento e Remediação Ambiental do lixão, visando o fornecimento de dados mais consistentes a este trabalho, a SA Paulista antecipou a instalação de 3 três piezômetros que foram monitorados nas últimas 3 amostragens realizadas.

Como forma de se obter um histórico dos pontos amostrados optou-se por dar continuidade aos pontos já definidos nas investigações de campo de 2001, acrescentando alguns outros, como as lagoas de chorume, e os piezômetros, que ainda não existiam naquela época.

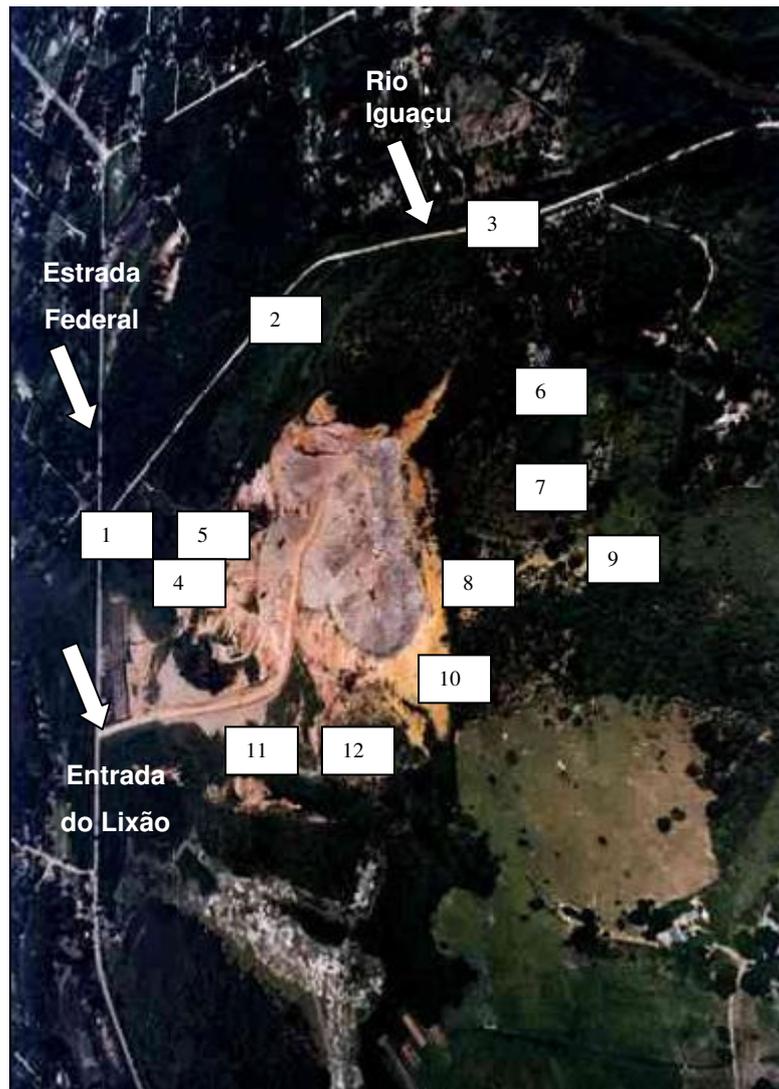
Os pontos utilizados para a coleta foram então: *a*) as águas superficiais: o rio Iguaçu e o córrego situado no sítio vizinho; *b*) as águas subterrâneas: dois poços freáticos pertencentes ao sítio vizinho e os três piezômetros instalados na área do lixão; *c*) chorume: as duas lagoas de acumulação e valas de acúmulo de chorume (dependendo da data da coleta).

Além das amostragens de monitoramento supracitadas, dados de outras investigações de campo foram utilizados: *a*) dados do monitoramento para a investigação das condições hídricas da região do entorno, realizado pela equipe do Laboratório de Engenharia Sanitária da Universidade de São Carlos da USP, em 2001, como exposto no Capítulo 4; *b*) dados obtidos pelas amostragens realizadas pela SA Paulista, analisados pelo Laboratório da FIRJAN, ocorridas em agosto de 2003, janeiro e maio de 2004.

Em todas as amostragens a metodologia utilizada para a coleta, preservação e análise das amostras em laboratório seguiu as orientações estabelecidas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Ressalta-se que a versão utilizada pelo LES/UERJ refere-se à 18^a edição e o laboratório da FIRJAN e da USP/SC baseiam-se na 20^a edição.

As análises das amostras coletadas em 2004 foram realizadas pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, LES/UERJ. Para as amostras coletadas em janeiro de 2005 os parâmetros foram analisados pelo Laboratório do Centro de Tecnologia Ambiental, CTA da FIRJAN.

A **figura 5.1** apresenta a locação aproximada de todos os pontos utilizados para esta pesquisa. **tabela 5.2** relaciona os pontos amostrados com as datas das investigações de campo realizadas.



LEGENDA:

- 1) Rio Iguaçu, ponto a montante do lixão (M_1);
- 2) Rio Iguaçu, ponto frontal ao aterro (J_1);
- 3) Rio Iguaçu, ponto a jusante do aterro (J_2);
- 4) Piezômetro, vertente noroeste (PZ_1);
- 5) Lagoa de acumulação de chorume, vertente noroeste (L_2);
- 6) Poço tubular de abastecimento do sítio (P_1);
- 7) Poço de cacimba no sítio, desativado (P_2);
- 8) Piezômetro, vertente sudeste (PZ_2);
- 9) Córrego do Sítio;
- 10) Vala sul, acúmulo de chorume;
- 11) Lagoa de acumulação de chorume (L_1);
- 12) Piezômetro, vertente sudoeste (PZ_3).

Figura 5.1. Localização aproximada dos pontos amostrados. Fonte: Adaptado de ANDRADE e BORBA, 2003.

Tabela 5.2. Locais e datas das amostragens realizadas no Lixão da Marambaia.

Local de coleta	Data de amostragem / Laboratório responsável							
	USP	FIRJAN			LES - UERJ			FIRJAN
	Maio 01	Agosto 03	Janeiro 04	Maio 04	Julho 04	Outubro 04	Novembro 04	Janeiro 05
Rio Iguaçu – Montante (M ₁)	X	X	X	X	X	X	X	X
Rio Iguaçu – Jusante (J ₁)	X	X	X	X	X			
Rio Iguaçu – Jusante (J ₂)	X	X	X	X	X	X	X	X
Córrego Sítio	X		X		X	X	X	
Poço abastecimento (P ₁)	X	X	X	X	X	X	X	X
Poço inativo (P ₂)	X	X	X	X	X	X	X	
Piezômetro (PZ ₁)					X	X	X	X
Piezômetro (PZ ₂)					X	X	X	X
Piezômetro (PZ ₃)					X	X	X	X
Chorume Lagoa (L ₂)					(2)	X	X	(3)
Chorume Lagoa (L ₁)	(1)				X	X	X	(3)
Chorume Vala Sul					X			

- (1) Coleta na cava situada no mesmo local da implantação da lagoa;
 (2) Coleta no empoçamento situado no local da implantação da lagoa;
 (3) Amostra misturada, composta ½ a ½.

5.2.1. Piezômetros

O projeto previa, conforme exposto no Capítulo 4, a instalação de 3 poços de monitoramento. No entanto, decidiu-se pela instalação de piezômetros, como tentativa de definição do sentido do fluxo do lençol freático.

Os piezômetros foram instalados em julho e agosto de 2004 pela Empresa TECNOGEO nos locais pré-definidos pelo projeto de remediação: *a*) poço PZ₁ localizado na vertente noroeste; *b*) poço PZ₂, localizado na vertente sudeste; *c*) poço PZ₃ localizado na vertente sudoeste. Na **figura 5.2** apresenta-se a locação dos piezômetros e a **figura 5.3** ilustra a perfuração do poço PZ₂. Nessa figura é possível observar a proximidade do lixão com área do sítio vizinho.

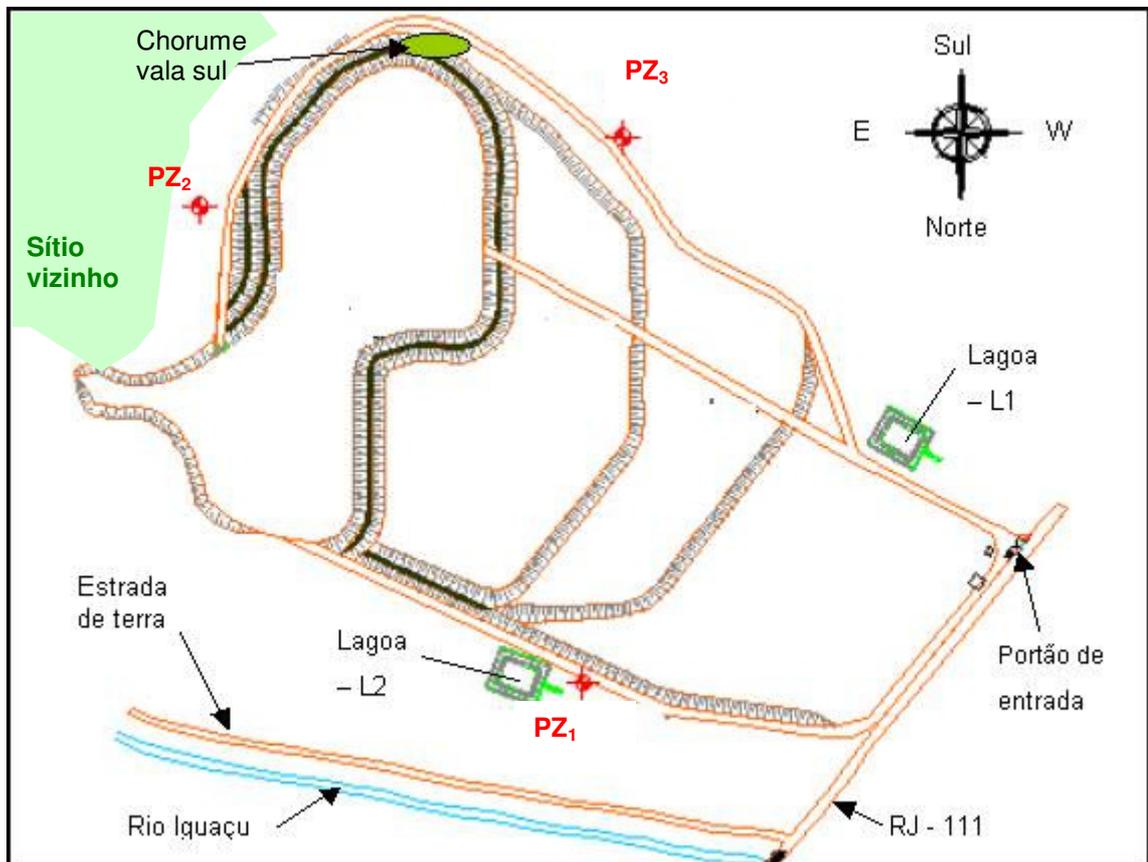


Figura 5.2. Croqui da localização dos piezômetros e pontos de amostragem de chorume. Fonte: RESOL, 2003 - adaptado do des. 03



Figura 5.3. a) Detalhe da instalação do PZ2; b) vista geral da localização do piezômetro; c) proximidade com os coqueiros do sítio vizinho. Fonte: Mattos, 2005.

A **figura 5.4** apresenta alguns procedimentos da instalação do piezômetro da vertente sudoeste (PZ₃). Após a lavagem do furo, inserem-se os tubos de PVC. Nesse furo em particular, foram instalados três tubos de duas polegadas de diâmetro, perfurados e encapados com tela, sendo dois deles com três metros de comprimento e mais um trecho de 1,80m. Após esses, instalou-se um tubo de três metros sem perfuração (cego). As duas extremidades da tubulação foram vedadas com tampões cegos rosqueados.

Após a instalação da tubulação de PVC, o poço é preenchido com material permeável (areia) até a altura do tubo cego, sendo posteriormente selado com uma mistura de cimento e bentonita e coberto finalmente por argila.

Todos os três piezômetros foram instalados com o mesmo procedimento apresentado. Porém, os piezômetros PZ₂ e PZ₃ foram instalados com diâmetro de duas polegadas e o PZ₁ com uma polegada de diâmetro.

No dia anterior às coletas das amostras, os piezômetros foram devidamente esgotados, visando impor um maior fluxo, evitando que a análise fosse realizada com a água parada. Os piezômetros de 2" foram esgotados com *bailers* de polietileno enquanto o de 1" foi esgotado com uma bomba de recalque.

Para as três amostragens realizadas fizeram-se duas medições dos níveis estáticos dos piezômetros, uma realizada antes do esgotamento e a outra antes da coleta, no dia seguinte. Para as medições foi utilizado um medidor de nível elétrico de água, composto de uma sonda, com um sensor na ponta de uma fita graduada em milímetros, utilizando os íons da água para fechar um circuito que ativa um tom e/ou um indicador luminoso. A **figura 5.5** apresenta o medidor de nível d'água utilizado no monitoramento dos piezômetros. Os níveis encontrados bem como as profundidades dos piezômetros estão apresentados na **tabela 5.3**.

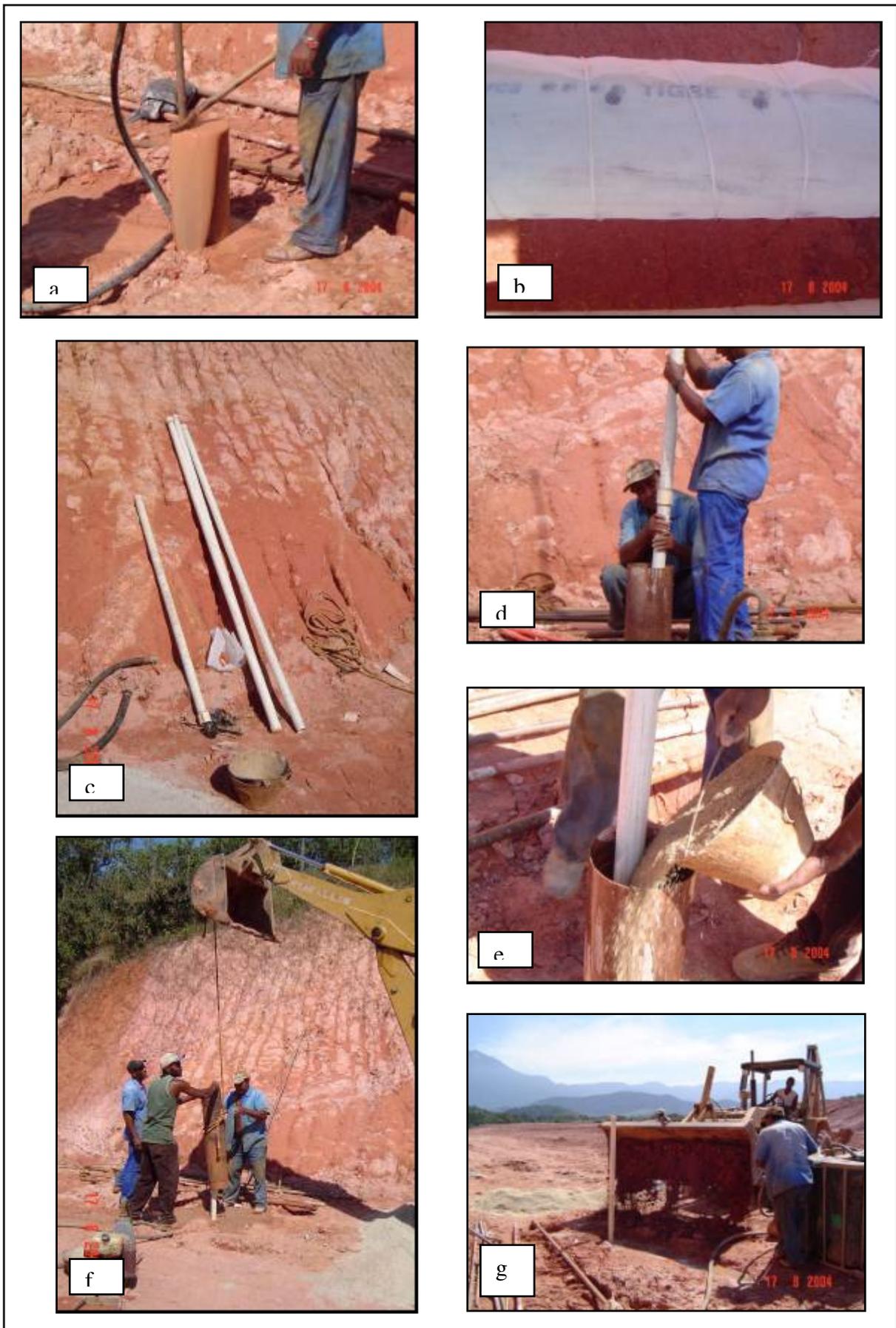


Figura 5.4. Procedimento de instalação do piezômetro PZ3: a) lavagem do furo; b) detalhe do tubo encapado com a tela; c) tubos utilizados para a instalação do piezômetro; d) instalação da tubulação; e) revestimento do piezômetro; f) retirada do tubulão após o preenchimento do revestimento; g) acabamento da camada superior. Fonte: Mattos, 2005.

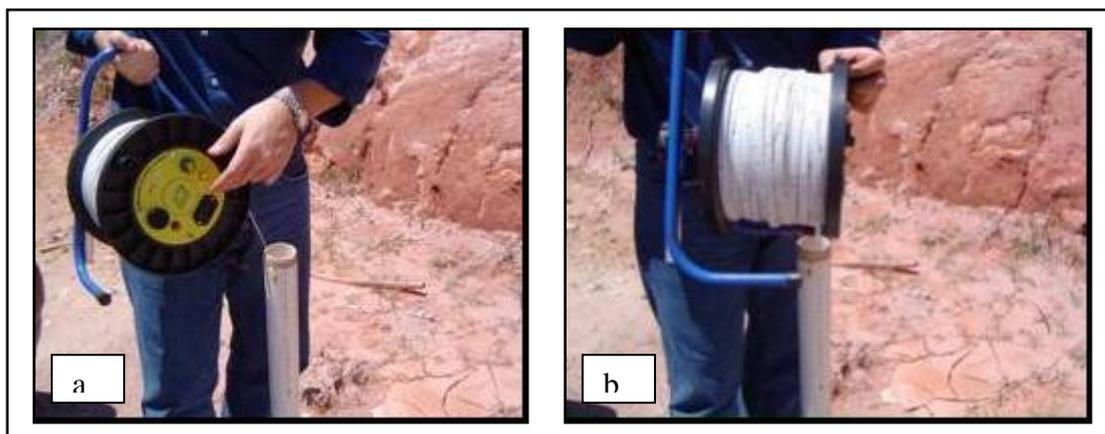


Figura 5.5. (a) e (b) Medidor de nível d'água utilizado nas investigações de campo. Fonte: Mattos, 2005

Tabela 5.3. Profundidades e leituras dos níveis d'água dos piezômetros.

	Profundidade (m)	Leitura do medidor de nível d'água (m)					
		18/10/2004	19/10/2004	24/11/2004	25/11/2004	13/1/2005	14/1/2005
PZ ₁	9,80	1,44	1,69	1,07	1,36	0,69	0,79
PZ ₂	8,25	0,49	0,37	0,33	0,33	0,00	0,00
PZ ₃	9,83	6,50	6,48	6,67	6,68	6,68	6,67

Comparando-se os dados de nível d'água apresentados na **tabela 5.3** com os encontrados em duas sondagens realizadas no 1º. Semestre de 2001 (Capítulo 4) próximas aos poços PZ₂ e PZ₃, observa-se a relação estreita existente entre eles e a pluviometria. Os níveis d'água apresentados na **tabela 5.3**, cujas amostragens foram realizadas em meses caracteristicamente chuvosos, encontram-se mais elevados do que aqueles encontrados nas sondagens realizadas no final de abril de 2001, entrada dos meses secos.

O PZ₂ em janeiro de 2005 se encontrava com lençol aflorante, já o furo SM 276, realizado em abril, encontrava-se com nível d'água a 1,3 metros de profundidade. O poço PZ₃, nos meses chuvosos apresentou nível d'água a cerca de 6,5 metros de profundidade, enquanto o furo SM-277, de localização próxima, apresentava nível d'água a 8,5m em abril de 2001. Os perfis dos furos de sondagem supracitados bem como suas localizações estão apresentadas no **anexo 2**.

Mesmo levando-se em consideração somente os dados da tabela, todos analisados em meses chuvosos, observa-se que os níveis d'água encontrados em janeiro estão mais elevados do que os encontrados nas outras investigações. Isto ocorre pelo fato de terem ocorrido chuvas bastante fortes na semana dessa amostragem, confirmando a relação da pluviometria com o nível estático dos poços.

Para as amostragens, procedeu-se da mesma maneira que no esgotamento dos piezômetros. Os piezômetros de duas polegadas de diâmetro foram amostrados com um *bailer* e para o de uma polegada utilizou-se uma bomba de recalque. O procedimento de coleta das amostras é apresentado na **figura 5.6**.

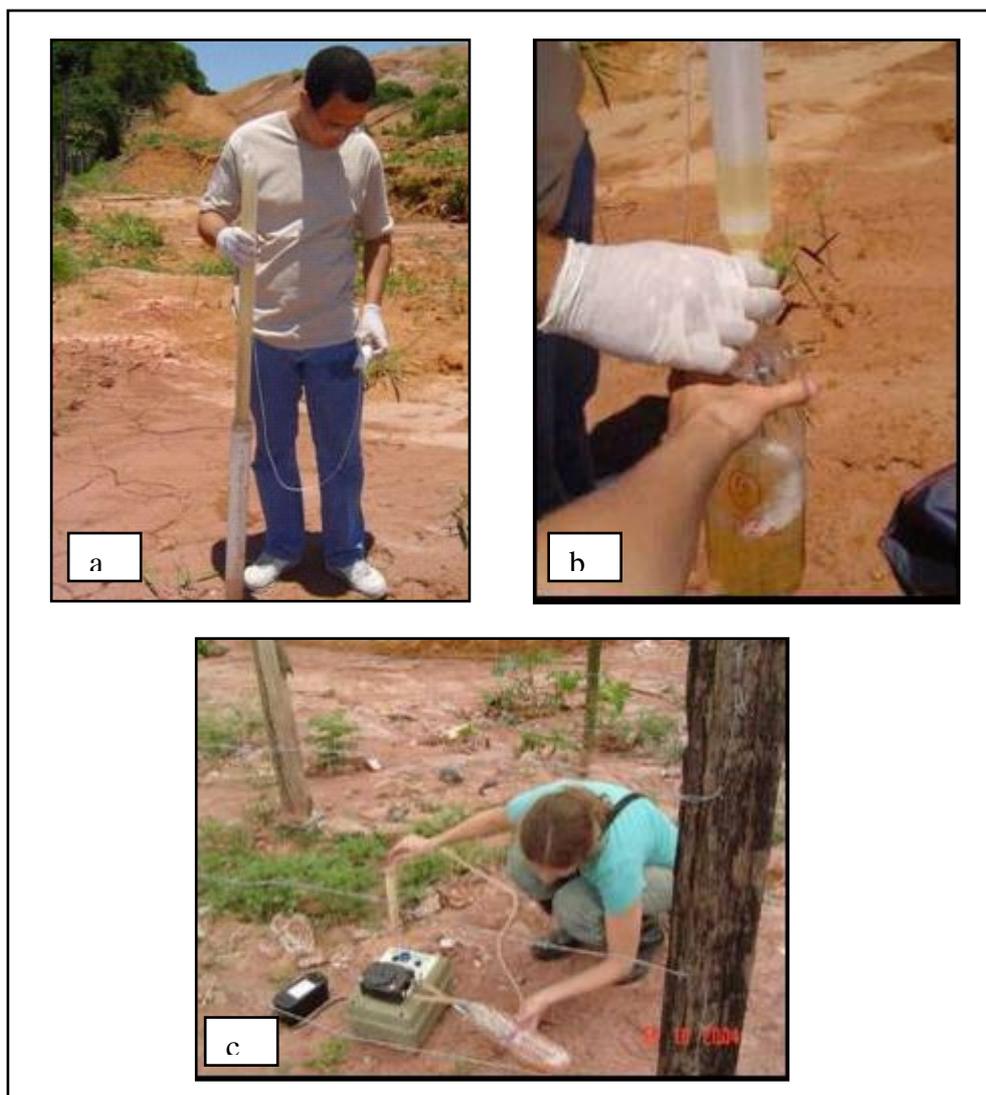


Figura 5.6. Procedimento de coleta dos piezômetros. (a) e (b) coleta realizada com beiler, PZ2 e PZ3. c) coleta realizada com bomba, PZ1. Fonte: Mattos, 2005.

Na primeira investigação, realizada em outubro de 2004, o piezômetro da vertente noroeste (PZ₁) estava aberto e seu esgotamento não fora realizado a contento devido a grande quantidade de sólidos dispostos em seu fundo. Nas outras duas amostragens, em novembro e janeiro, observou-se o carreamento do lixo disposto no talude próximo, gerando um acúmulo de resíduos e de material de cobertura nos arredores do piezômetro como ilustrado na **figura 5.7**.



Figura 5.7. Poço de monitoramento PZ1. a) amostragem de novembro de 2004, observa-se algum material carregado; b) situação na época da amostragem de janeiro de 2005; c) erosão do talude adjacente ao poço, amostragem de janeiro de 2005. Fonte: Mattos, 2005.

Na última investigação, realizada em janeiro de 2005, observou-se que o chorume estava drenando para a vertente leste do aterro, em direção ao sítio vizinho. Alguns pontos do talude desta vertente erodiram devido às chuvas fortes ocorridas nesse mês, deixando os resíduos expostos e o chorume aparente. A **figura 5.8** ilustra o ocorrido.

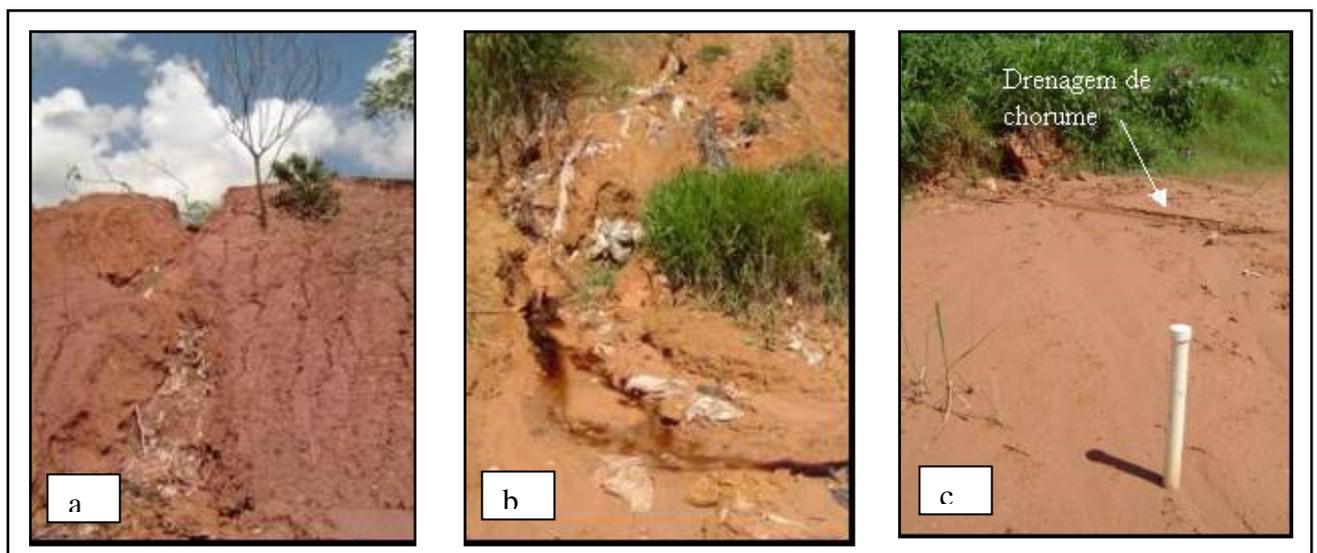


Figura 5.8. Situação da investigação de janeiro na vertente sudeste. a) talude erodido; b) chorume aparente; c) linha de drenagem de chorume próxima ao PZ2. Fonte: Mattos, 2005.

5.2.1.1. Cálculo da direção do lençol freático

Os cálculos da direção e do sentido do lençol freático são de extrema importância para este estudo, pois refletem no comportamento do contaminante, caso este atinja o lençol.

A direção do fluxo foi obtida a partir da locação dos piezômetros instalados, levantados pela equipe de topografia da SA Paulista. A **tabela 5.4** apresenta os valores das cotas de topografia dos piezômetros instalados e das cotas dos níveis de água referenciados. Estes últimos foram obtidos através dos valores medidos em campo (**tabela 5.3**).

Tabela 5.4. Cotas dos piezômetros e dos níveis d'água referenciados

Piezômetros	Cota de topo (m)	Cota dos níveis d'água referenciados (m)		
		Datas das amostragens	18/10/2004	24/11/2004
PZ ₁	39,92	38,48	38,85	39,23
PZ ₂	30,10	29,81	29,77	30,10
PZ ₃	36,14	29,84	29,47	29,46

No **anexo 3** está apresentado um croqui dos níveis d'água referenciados para cada data de amostragem.

Com estes valores foi possível calcular a orientação do fluxo. Por triangulação é possível obter o traçado das equipotenciais (linhas de mesma carga hidráulica total) obtendo-se assim a direção e o sentido do fluxo, que ocorre perpendicular as equipotenciais, com sentido fluindo para a equipotencial de menor valor, como apresentado nos vetores plotados nos desenhos do anexo 4. Observa-se que para as três campanhas obteve-se sentido de fluxo sul/sudeste.

Desta forma, existindo um regime de fluxo, conforme apresentado no Capítulo 2, uma vez atingido o lençol, o chorume migrará através de processos de advecção e dispersão mecânica.

5.2.2. Pontos do entorno

Neste item descreve-se como ocorreram as amostragens dos pontos situados no entorno do antigo Lixão da Marambaia, onde incluem-se as análises realizadas no rio Iguçu, as análises realizadas no córrego situado no sítio vizinho ao lixão, e as amostragens realizadas em dois poços já existentes neste sítio.

Os pontos utilizados para as coletas, como já relatado, foram definidos em 2001, e se encontram apresentados na **figura 5.9**.

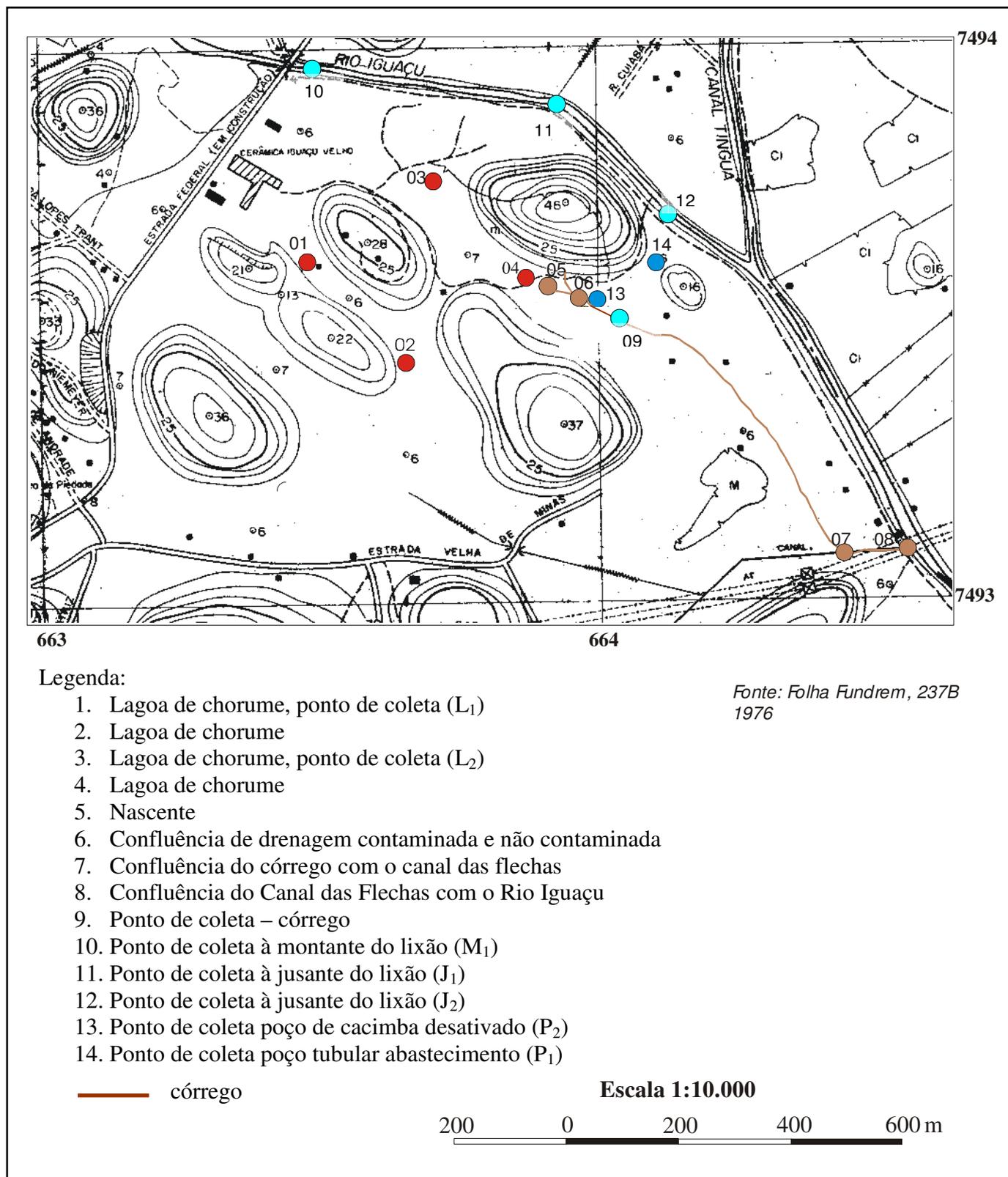


Figura 5.9. Mapa de localização dos pontos de amostragem, situação em 2001.

As coletas realizadas no Rio Iguaçu ocorreram em três pontos: um a montante do antigo lixão, junto a ponte da RJ-111, onde foram encontrados, nas quatro amostragens realizadas, resíduos domiciliares nas margens do rio. Na coleta de outubro, além do exposto, observou-se rejeitos de abatedouros de aves, e na coleta de novembro de 2005, encontrou-se uma pick-up no leito do rio. As fotos desse ponto específico são apresentadas na **figura 5.10**.

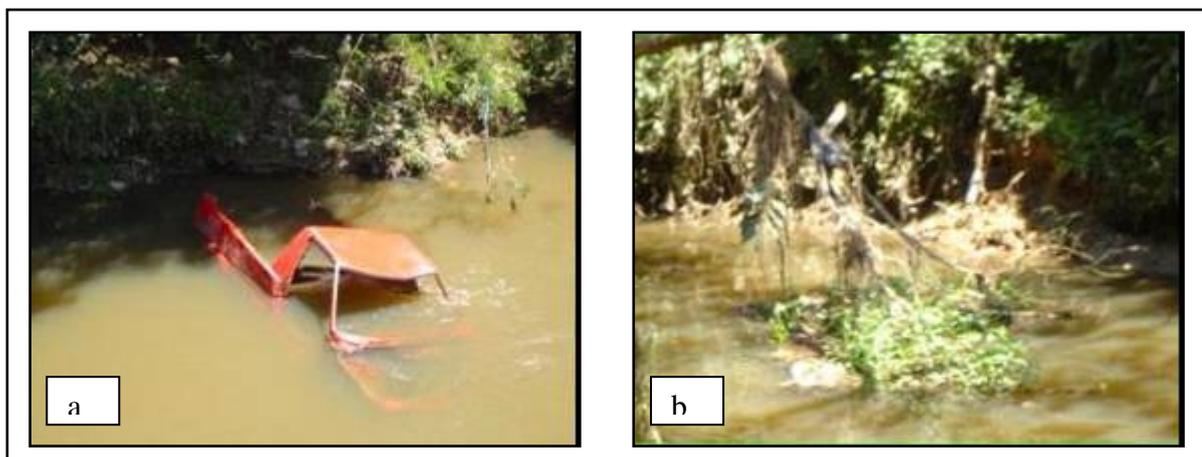


Figura 5.10. Rio Iguaçu. a) presença de uma pick-up no leito do rio e b) presença de resíduos. Fonte: Mattos, 2005.

O próximo ponto de coleta no rio Iguaçu ficava situado em frente a porção central ao antigo lixão, denominado de jusante 1 (J_1). Esse ponto foi excluído após a primeira investigação por apresentar resultados similares ao próximo ponto (J_2).

O último ponto, jusante 2 (J_2) se situa em frente a entrada do sítio da vertente leste, a jusante do antigo lixão.

As coletas no rio Iguaçu foram realizadas com o auxílio de *bailers*, e podem ser observadas na **figura 5.11**.

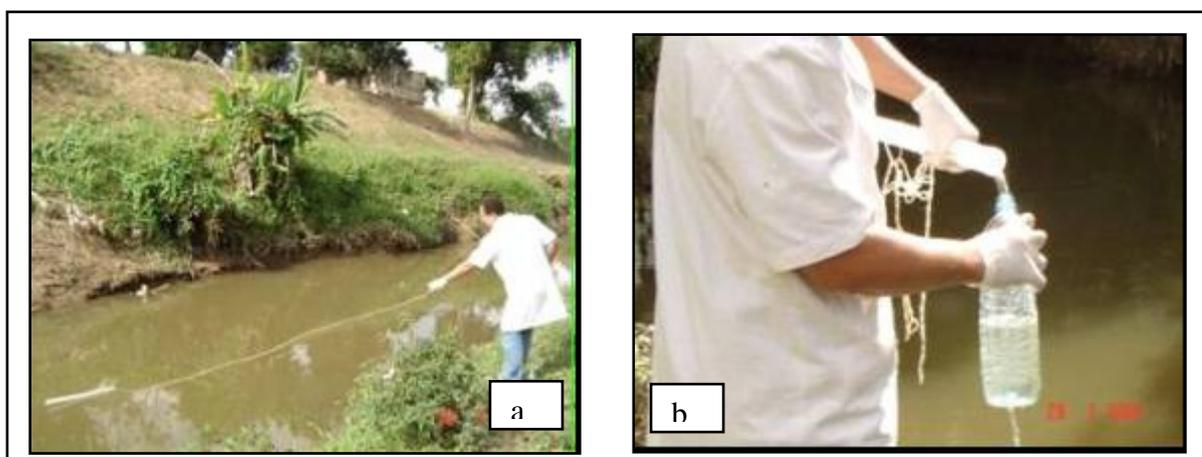


Figura 5.11. (a) e (b) coleta realizada em julho/04, ponto J_2 , rio Iguaçu. Fonte: Mattos, 2005.

Outro ponto de coleta de água superficial ocorreu no córrego do Sítio que, como exposto no Capítulo 4, nasce na área do antigo lixão, corta o sítio, e deságua do canal das Flechas. A **figura 5.12** ilustra a coleta nesse ponto nos 3 meses de investigação, em julho, outubro e novembro de 2004, respectivamente.



Figura 5.12. Amostragens realizadas no córrego. a) coleta realizada em julho de 2004; b) coleta de outubro/04; c) coleta de novembro/04. Fonte: Mattos, 2005.

As análises das águas subterrâneas do entorno foram realizadas nos poços situados no sítio vizinho, como apontado na **figura 5.9**. O poço ainda utilizado para o abastecimento do sítio (P_1), segundo informações do proprietário, corresponde a um poço tubular com 25m de profundidade, possui 04 polegadas de diâmetro e é revestido em PVC. O poço é dotado de uma casinha de proteção para a sua bomba. Na coleta de julho as amostras foram retiradas direto da casinha, mas nas amostragens seguintes, em outubro, novembro e janeiro, utilizou-se a torneira mais próxima, distante cerca de 50m do poço, por dificuldades encontradas com o manuseio do registro.

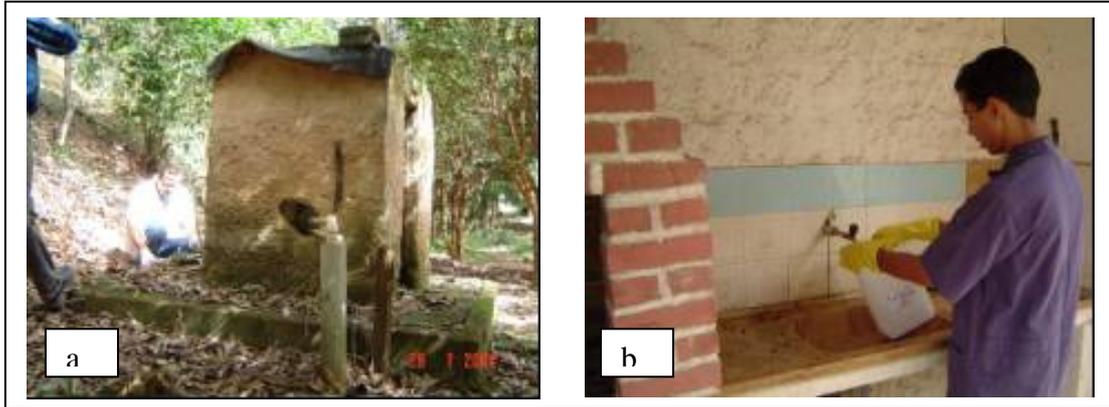


Figura 5.13. Amostragens realizadas no poço de abastecimento P1. a) vista do poço tubular e da casa de bombas, coleta de julho; b) vista da torneira onde foram realizadas as coletas de outubro/04, novembro/04 e janeiro/05. Fonte: Mattos, 2005.

O outro poço (P₂) se trata de um poço tipo cacimba. Segundo informações do proprietário, possui profundidade de 2,5m e 1,0m de diâmetro e é revestido por manilhas. Esse poço está atualmente desativado. As coletas nas três investigações realizadas são ilustradas pela **figura 5.14**, onde se observa que na coleta de julho, o poço estava alagado.



Figura 5.14. Amostragens realizadas no P2, de cacimba. a) coleta realizada em julho; b) coleta de outubro; c) coleta de novembro. Fonte: Mattos, 2005.

5.2.3. Chorume

As quatro amostragens para coleta de chorume, com localização indicadas na **Figura 5.2**, procederam-se da seguinte forma:

Julho: Foi realizada coleta na lagoa da vertente sudoeste (L_1); em uma vala de acúmulo de chorume, na vertente sul; e na vala de acúmulo de chorume da vertente noroeste, local onde mais tarde seria implantada a lagoa desta vertente (L_2).

Em outubro e novembro realizaram-se coletas nas lagoas da vertente sudoeste (L_1) e noroeste (L_2), a vala da vertente sul já não mais existia.

Em janeiro foi feita uma composição das coletas das duas lagoas.

A **figura 5.15** ilustra as amostragens realizadas.



Figura 5.15. Ilustração das amostragens realizadas para coleta de chorume. a) coleta na lagoa L2; b) armazenamento da amostra; c) coleta na lagoa L1. Fonte: Mattos, 2005.

CAPÍTULO 6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a realização deste estudo foram utilizados os pontos de amostragem definidos pela USP em 2001, acrescidos das lagoas de chorume e dos piezômetros instalados em 2004.

Os parâmetros analisados no estudo anterior (USP, 2001) foram:

- a) para as análises de chorume: pH, DBO, DQO, nitrogênio total, carbono orgânico total (COT), coliformes totais e fecais, sólidos totais, sólidos totais (fixos e voláteis), sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis), sólidos dissolvidos (totais fixos e voláteis), zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro total, manganês total, cobre e cromo total;
- b) para as análises em águas superficiais foram analisados os mesmos parâmetros para o chorume, exceto COT e acrescidos em: cor aparente, turbidez, fosfato total e oxigênio dissolvido (OD);
- c) para as águas subterrâneas os parâmetros se mantiveram os mesmos das águas superficiais, sendo acrescidos dois parâmetros: alcalinidade total e dureza total.

No estudo realizado pela FIRJAN em agosto de 2003, e janeiro e maio de 2004, foram analisados os seguintes parâmetros, tanto para águas superficiais como para águas subterrâneas: pH, DBO, DQO, cor, turbidez, fósforo total, OD, coliformes totais e fecais, sólidos totais, sólidos totais (fixos e voláteis), sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis), sólidos dissolvidos (totais fixos e voláteis), zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês e cobre.

Na presente pesquisa, tendo em vista o histórico das análises já realizadas, optou-se por se fazer algumas modificações nos parâmetros sugeridos no projeto de remediação. Nas amostragens realizadas pelo LES/UERJ, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, DBO, DQO, amônio, condutividade, cloreto, alcalinidade total, fósforo total, e sólidos totais, suspensos e dissolvidos. Os parâmetros se mantiveram os mesmos para chorume, águas superficiais e subterrâneas.

Os parâmetros utilizados como referência para este estudo foram os estabelecidos na RESOLUÇÃO CONAMA 20 (**anexo 1**). Para as águas superficiais, utilizou-se o artigo 5^o, enquadrando-se as águas do entorno como pertencentes a classe 2. Nesse grupo também foram enquadradas as águas subterrâneas. Para chorume foi utilizado o artigo 21^o, que se refere a padrões de lançamento em corpos hídricos para efluentes provenientes de quaisquer fontes poluidoras.

Para dar mais embasamento a estes padrões, para o chorume também foi utilizada a normatização vigente no Estado do Rio de Janeiro para o lançamento de efluentes líquidos, a NT-202.R-10 da FEEMA (anexo 1), que restringe ainda mais alguns parâmetros tabelados pelo CONAMA.

Os resultados das investigações, bem como o histórico anterior das análises físicas, químicas e biológicas procedidas nas amostras de efluentes líquidos estão apresentados no **anexo 5**.

De modo a facilitar a análise dos resultados, optou-se pela subdivisão do capítulo em dois tópicos. O primeiro, apresenta os parâmetros, discutidos por grupo de amostragens: chorume, pontos do entorno (localizados no rio Iguaçu e no sítio vizinho) e piezômetros. E o segundo faz uma análise geral para o chorume, águas superficiais e águas subterrâneas.

Os parâmetros analisados individualmente neste capítulo foram: pH, DBO e DQO, amônio, cloreto e alcalinidade. Em função dos valores obtidos, efetuou-se uma análise conjunta dos demais parâmetros definidos para esta pesquisa, bem como para os metais pesados.

Cabe ressaltar que a análise de chorume realizada pela USP foi coletada na cava de acúmulo de chorume onde foi implantada a lagoa L₁. As análises de chorume realizadas em julho de 2004, como exposto no capítulo 5, foram realizadas na lagoa L₁, na vala de acumulação existente na vertente sul, e na outra vala de acumulação onde foi implantada a lagoa L₂. Em janeiro foi realizada somente uma amostra de chorume, composta entre as duas lagoas L₁ e L₂.

6.1. DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS

6.1.1. pH

a) *Chorume*

Os valores encontrados para o pH analisados no chorume do antigo lixão da Marambaia estão apresentados na **figura 6.1**.

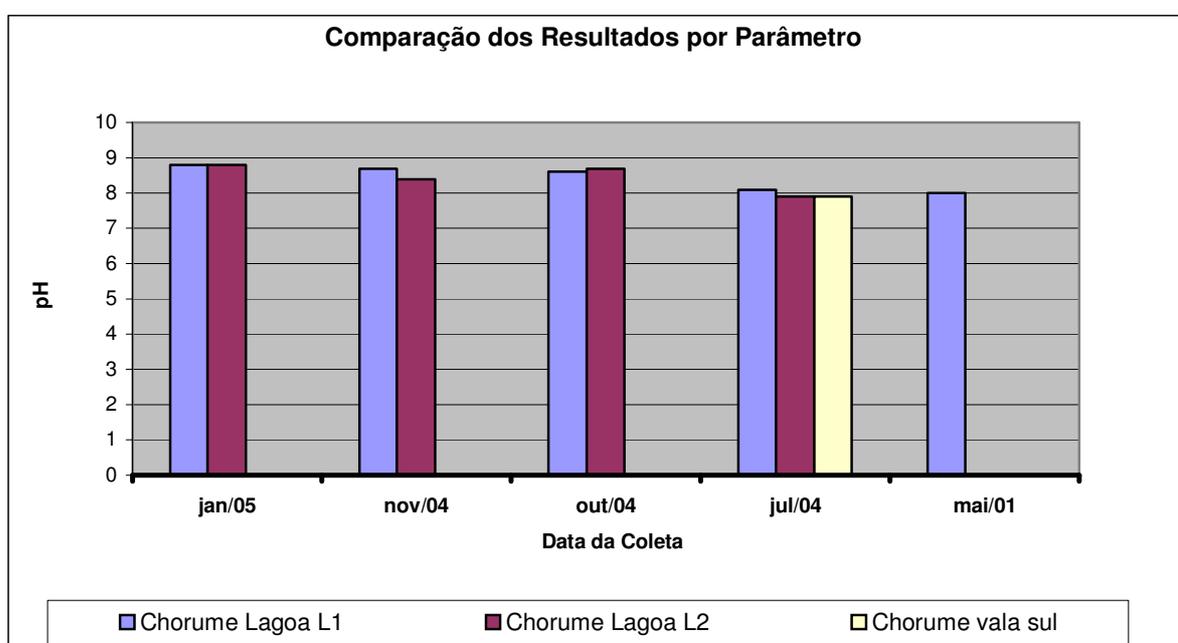


Figura 6.1. pH do chorume obtido em todas as campanhas realizadas.

Como pode ser observado, a média do pH ficou entre 8 e 9, indicando uma ligeira alcalinidade, valor típico para fase metanogênica do chorume, como apontado na **tabela 2.2**. Os valores encontrados estão dentro da faixa permissível para lançamento de efluentes observada no CONAMA 20 (pH entre 6 e 9).

b) Pontos do entorno

A **figura 6.2** apresenta os valores para pH encontrados nos pontos de água superficial analisados, bem como os valores encontrados nos poços freáticos do entorno (sítio vizinho).

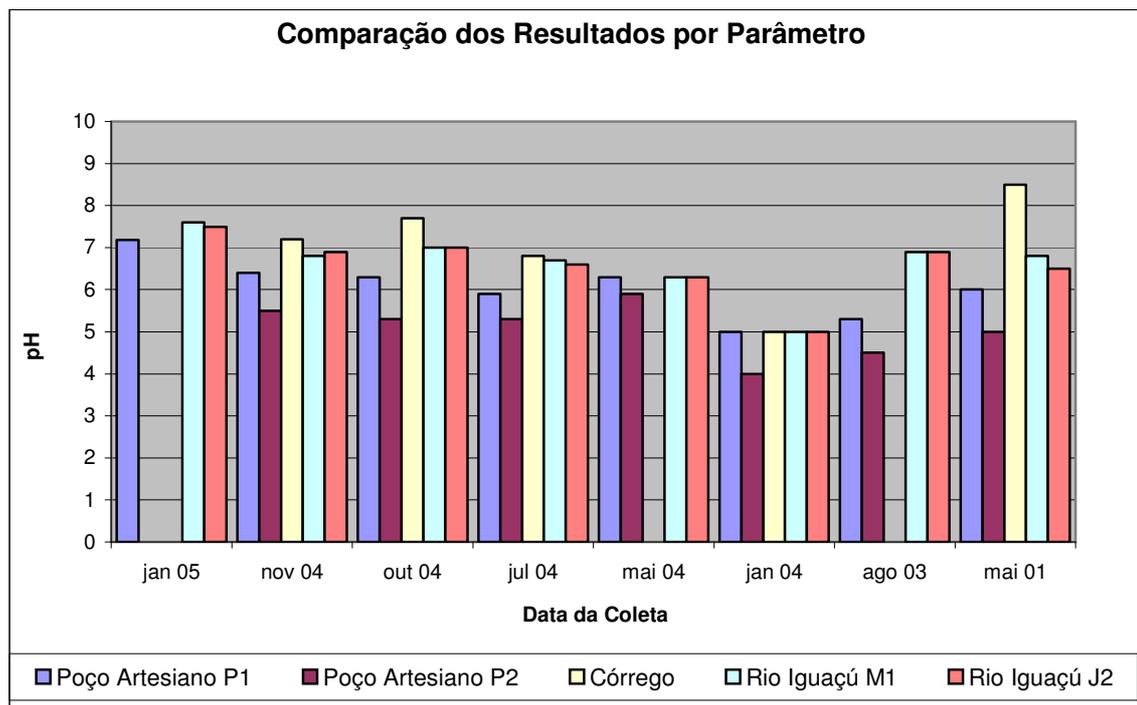


Figura 6.2. pH encontrado nos pontos do entorno do lixão.

Os pontos de água superficial M₁ e J₂, analisados no Rio Iguazú, apresentaram resultados similares, mantendo o pH entre 5,0 e 7,6. Observa-se, entretanto que em janeiro de 2004 esses ficaram fora dos padrões permissíveis para águas classe 2 (pH entre 6 e 9), quando seus valores foram de 5,0. Em todas as outras campanhas a Resolução foi atendida.

Observando os resultados encontrados no córrego, também se conclui que esses ficaram fora dos padrões fixados para as águas de classe 2 em janeiro de 2004, onde o valor encontrado foi de 5,0. Observa-se, entretanto um valor mais alcalino encontrado na campanha de maio de 2001, onde o pH encontrado foi de 8,5.

Para os poços locados no sítio, observa-se para o P₁ variações entre 5,0 e 7,2, estando os valores encontrados nas campanhas de agosto de 2003 (5,3), janeiro (5,0) e julho (5,9) de 2004, fora dos padrões do CONAMA. O poço P₂, apresenta valores entre 4,0 e 5,9, todos eles na escala ácida, estando também fora dos padrões do CONAMA. A média encontrada para o pH do poço P₂ foi de 5,1, valor característico de pH de águas de chuva. Na **figura 5.14**, pode-se observar possibilidade da influencia de águas de chuva sobre este poço, confeccionado em manilhas.

c) Piezômetros

Na **figura 6.3** apresenta-se os valores para pH encontrados nos piezômetros instalados no vazadouro.

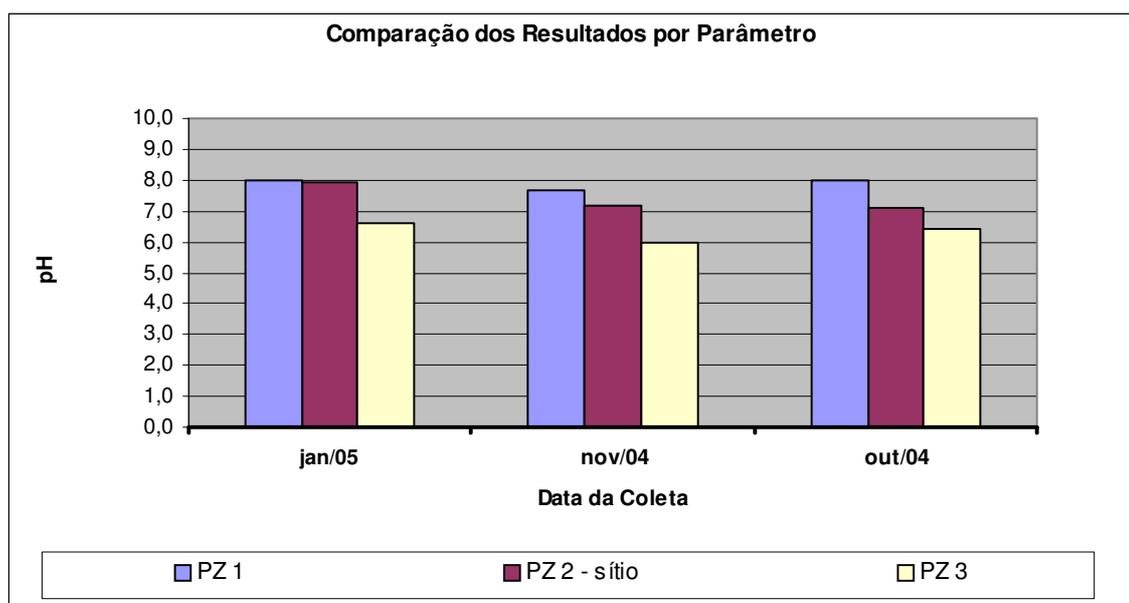


Figura 6.3. pH encontrado nos piezômetros instalados no lixão.

Observa-se que todos os valores encontrados estão dentro da faixa permitida pelo CONAMA 20 (estabelecida entre 6 e 9), porém destaca-se a ligeira acidez encontrada no PZ₃ e uma ligeira alcalinidade encontrada no PZ₁. O piezômetro da vertente leste (PZ₂) apresentou-se praticamente neutro nas duas primeiras campanhas, tornando-se um pouco alcalino em janeiro de 2005.

6.1.2. Demanda de Oxigênio - DBO e DQO

A capacidade da matéria orgânica presente em uma amostra de água de consumir oxigênio por meio microbiológico é chamada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A Demanda Química de Oxigênio, DQO reflete toda a capacidade de oxidação presente na amostra, como a oxidação da matéria orgânica estável, por exemplo, a celulose para o CO_2 , e o Cl^- para o Cl_2 , que não seriam oxidados pelo O_2 na determinação da DBO (BAIRD, 2002).

a) chorume

Na **figura 6.4** apresenta-se os valores encontrados para DBO e DQO do chorume coletado no lixão da Marambaia.

Um fator importante para ser avaliado está na relação DBO/DQO de um efluente. Quanto mais próxima de 1,0 esta relação estiver, mais fácil será seu tratamento por meios biológicos, entretanto se a amostra apresentar esta relação próxima de 0,0, se trata de um efluente recalcitrante, cujo tratamento deverá ser realizado por processos químicos e/ou físico-químicos.

Os valores obtidos para a lagoa L_1 em maio de 2001 e em julho de 2004 apresentam características de um chorume recalcitrante (DBO/DQO = 0,09 e 0,08 respectivamente), apresentando desta forma maiores quantidades de compostos recalcitrantes inorgânicos ou orgânicos, característicos de chorume velhos. Entretanto, os valores encontrados em outubro e novembro de 2004, apresentam uma relação DBO/DQO de aproximadamente 0,7, retratando características de um chorume novo.

O que se pode depreender com estes resultados é o fato de que a lagoa desta vertente bem como o sistema de drenagem do percolado terem sido implantados no início de 2004. Portanto os dois primeiros parâmetros retrataram o chorume do local, neste caso mais velho. Quando os dispositivos de drenagem começaram a fazer efeito misturou-se o chorume com o de uma vertente aterrada mais recentemente gerando um chorume mais biodegradável.

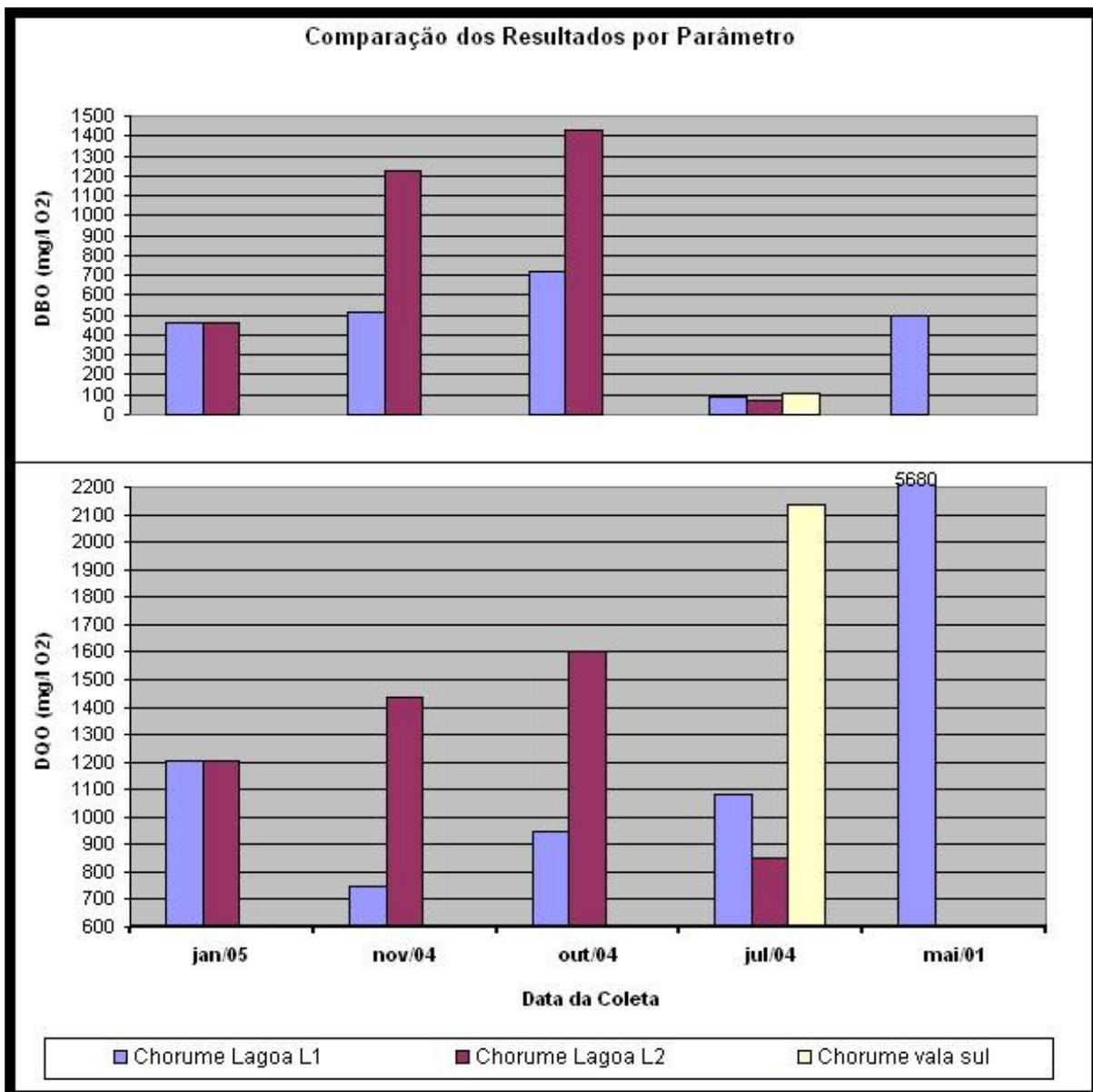


Figura 6.4. Valores obtidos para a DBO e DQO do chorume.

A mesma suposição ocorre para a lagoa da vertente noroeste (L_2), cuja relação DBO/DQO foi de 0,08 em julho, quando ainda não existia a lagoa, e de aproximadamente 0,8 em outubro e novembro de 2004, quando as coletas foram realizadas na lagoa.

Em janeiro, a relação DBO/DQO das lagoas (amostra composta) caiu para 0,4, evidenciando o consumo da DBO por microorganismos dado pelo surgimento de “lodo verde” na lagoa L_2 (figura 6.5).



Figura 6.5. Formação de “lodo verde” na lagoa da vertente noroeste (L2).
Fonte: Mattos, 2005.

b) Pontos do entorno

A **figura 6.6** apresenta os valores de DBO e DQO encontrados para os pontos de coleta no entorno do vazadouro.

A grande maioria dos resultados obtidos se enquadram na resolução CONAMA 20, águas classe 2, que estabelece valor máximo de 5mg/L para a DBO. Os valores mais altos para DBO encontrados em outubro no Rio Iguaçu, no ponto M₁ de 29mg/L e no ponto J₂ de 25mg/L, retratam o descarte de resíduos orgânicos, descritos no Capítulo 5.

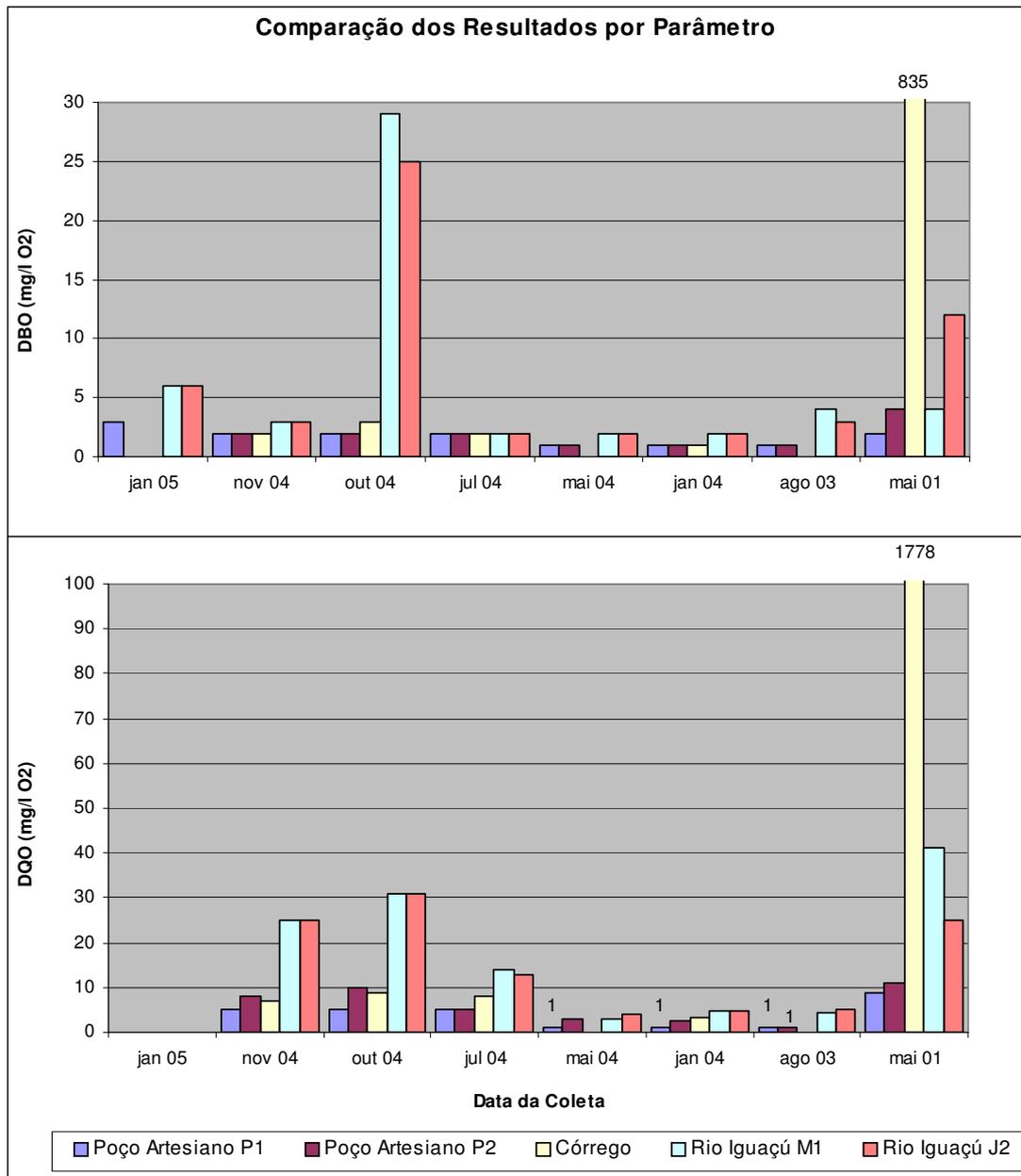


Figura 6.6. Resultados para DBO e DQO nos pontos de coleta do entorno do vazadouro.

O Rio Iguaçu, como apresentado na **tabela 3.1**, possui quase 10m de largura e uma vazão de 202m³/s (Tr 20 anos). Com estas características ele possui capacidade de se autodepurar, o que talvez explique o valor de DBO dentro dos padrões em quase todas as amostragens. Como podemos avaliar também nas amostragens realizadas anteriormente (anexo 5) o nível de oxigênio dissolvido encontrado nas coletas de maio/01, janeiro e

maio/04, apresentaram valores dentro dos padrões vigentes no CONAMA para águas classe 2 ($OD > 5\text{mg/L}$). Somente nas amostragens de agosto/03 os valores de OD de $3,9\text{mg/L}$ para o ponto M_1 e de $3,4\text{mg/L}$ para o J_1 , ficaram fora dos padrões.

Os valores encontrados para o córrego em 2001 refletem o aporte de percolado que ocorria antes das obras de remediação do vazadouro, como descritos nos realtórios do DRM (DRM, 2001) e da USP/SC. Segundo esse último o ponto de coleta no córrego do sítio se trata de “amostra em escoamento superficial de percolado em propriedade rural contígua ao aterro”. A **figura 6.7** ilustra o córrego contaminado. Porém as amostragens posteriores indicaram valores de DBO e DQO dentro dos padrões admissíveis.



Figura 6.7. Córrego do sítio contaminado por chorume. Fonte: DRM, 2001.

Os valores de DQO determinados pela FIRJAN em janeiro de 2005 não foram analisados por revelarem valores diferenciados do histórico, conforme pode ser observado no **anexo 5**.

c) *Piezômetros*

A **figura 6.8** ilustra os valores encontrados para DBO e DQO nos piezômetros instalados.

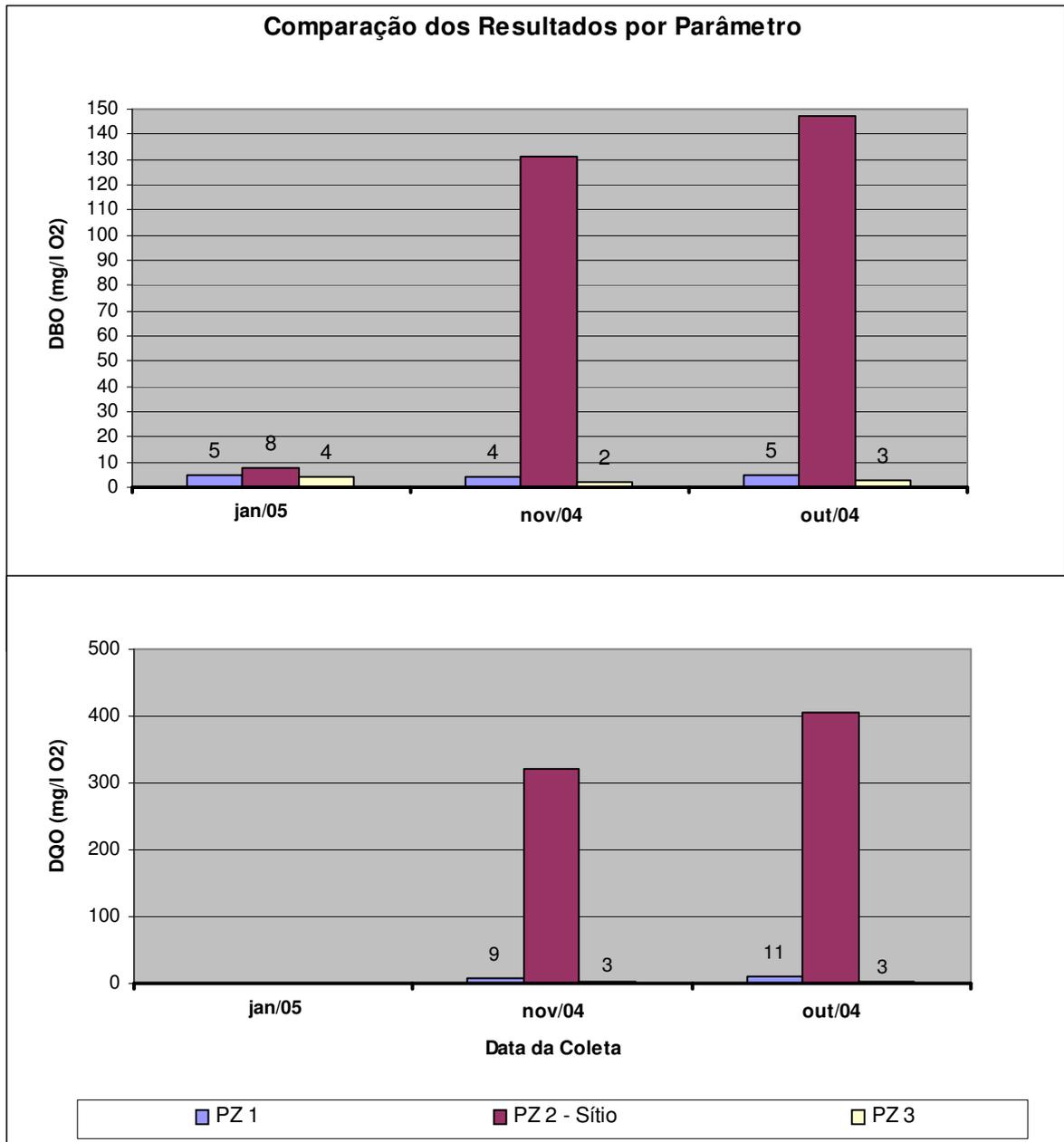


Figura 6.8. Valores encontrados para DBO e DQO nos piezômetros.

Como pode ser observado, os piezômetros PZ₁ e PZ₃ apresentam valores para DBO dentro dos padrões estabelecidos para águas classe 2. O PZ₂, junto ao sítio vizinho, se apresenta, nas coletas de outubro e novembro, poluído, com valores de DBO e DQO podendo ser enquadrados até em valores de chorume de aterro consolidado. O que não ocorre na coleta de Janeiro, coleta esta realizada em uma semana onde ocorreram chuvas fortes, como relatado no Capítulo 5, que provavelmente diluíram o contaminante.

As análises de DQO realizadas pela FIRJAN em janeiro também não foram discutidas, pois se apresentaram diferentes dos valores obtidos anteriormente (**anexo 5**).

6.1.3. Cloretos

Estão presentes em abundância em resíduos municipais e industriais e, praticamente, não são retidos por mecanismos do solo, pois não são reativos física e biologicamente (notas de aula prof. João Alberto Ferreira). Frequentemente sinalizam o avanço da pluma de contaminação da água, sendo definidos como bons traçadores de contaminação.

a) Chorume

Os valores encontrados para cloreto, no chorume do Lixão da Marambaia, estão apresentados na **figura 6.9**.

Os níveis encontrados estão dentro dos valores médios da *Environmental Protection Agency*, EPA, expostos na **tabela 2.3** (composição química de chorume em aterros sanitários).

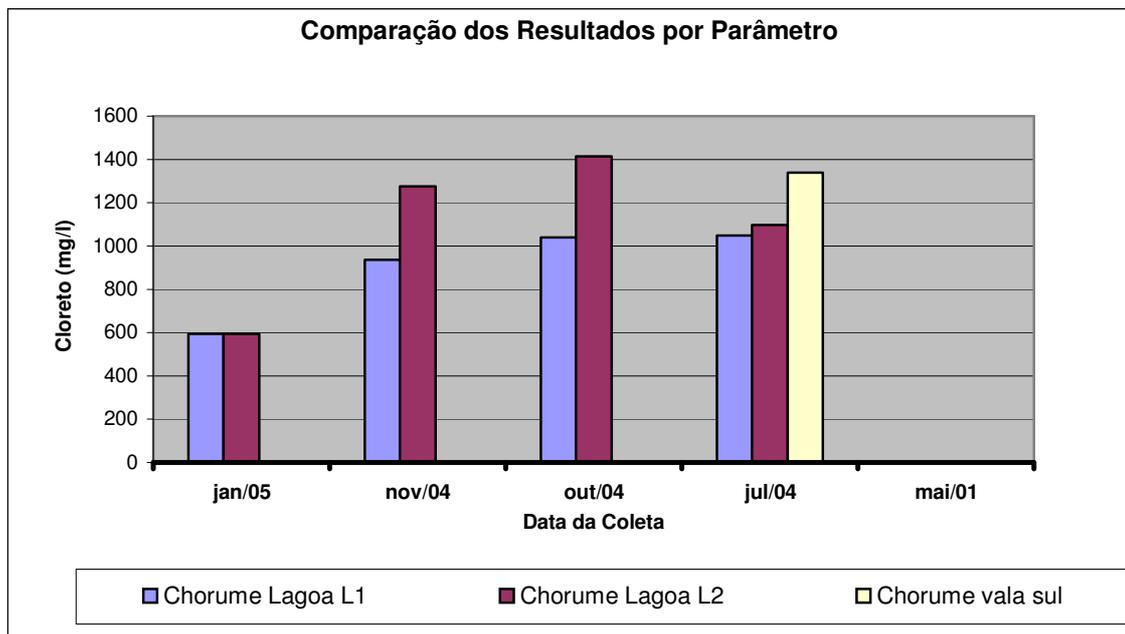


Figura 6.9. Valores encontrados para o cloro nas análises de chorume.

b) Pontos do entorno

Os valores encontrados para os pontos do entorno, expostos na **figura 6.10**, estão enquadrados no CONAMA 20 para águas classe 2, cujo limite para cloro é estabelecido em valores inferiores a 250mg/L. Os maiores valores encontrados foram na coleta de novembro de 2004, em que os pontos P₁ e o córrego apresentaram valores de 75mg/L.

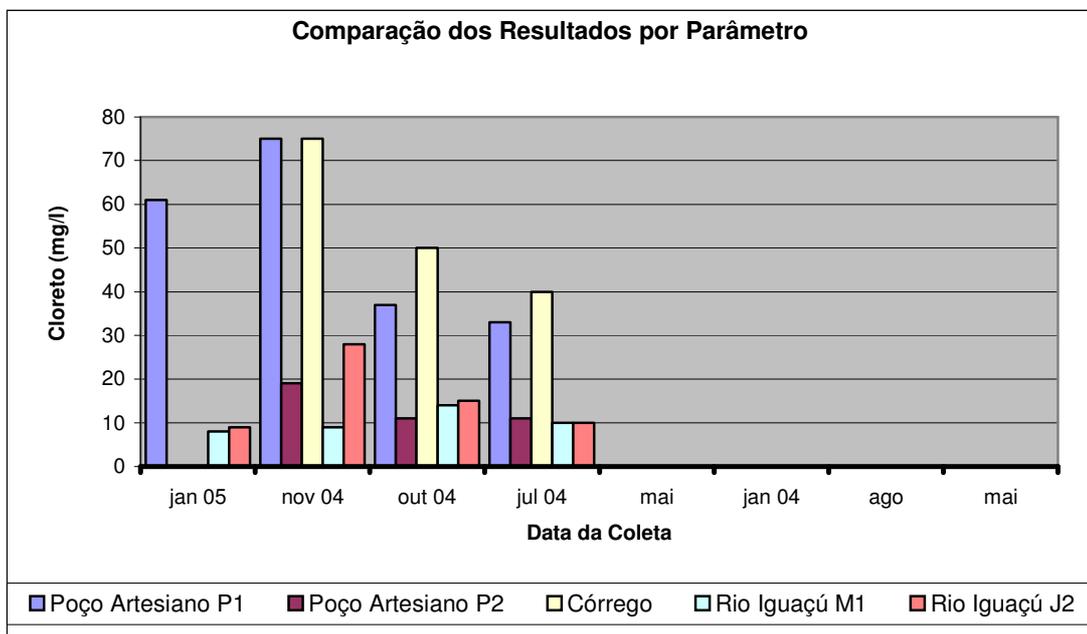


Figura 6.10. Valores encontrados para cloreto nos pontos do entorno.

c) Piezômetros

Nos valores encontrados para cloreto nos piezômetros somente o PZ₂, próximo ao sítio, apresenta valores altos nas análises de outubro e novembro, comparados aos de choro encontrados, como é apresentado na **figura 6.11**. Mais uma vez pode-se observar que o valor encontrado em janeiro é bem mais baixo, refletindo a diluição ocorrida pelas chuvas.

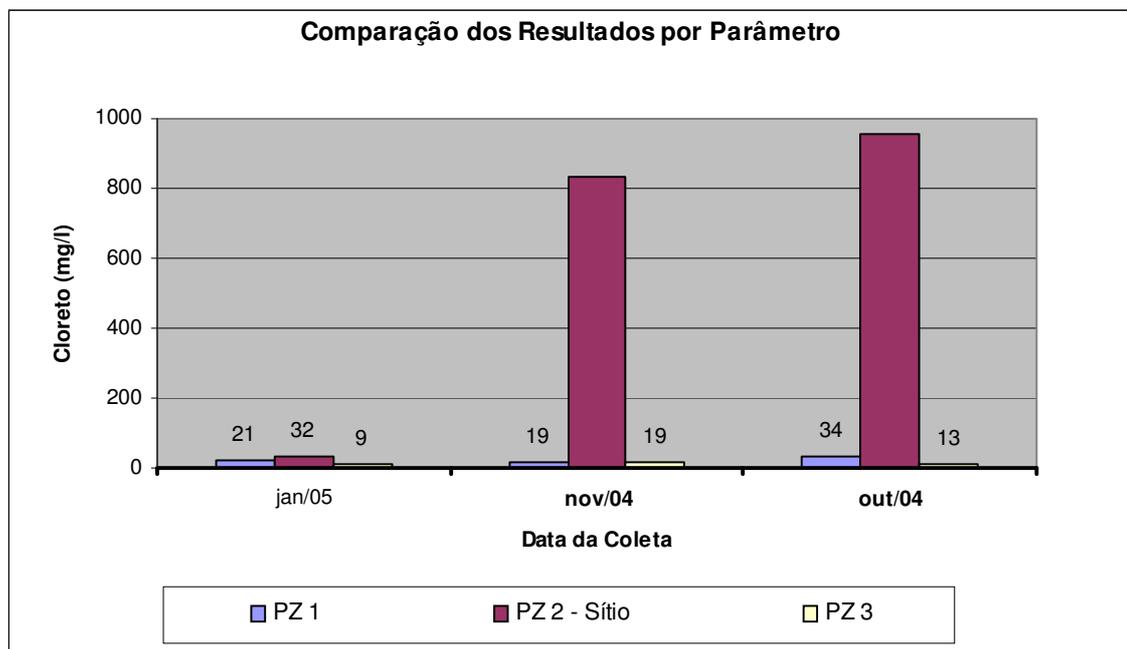


Figura 6.11. Valores obtidos para cloreto nas análises dos piezômetros.

Observa-se ainda, que exceto o PZ₂, os demais piezômetros apresentaram valores inferiores aos valores encontrados para o Poço P₁, onde a média encontrada nas quatro investigações foi de 51mg/L.

6.1.4. Nitrogênio Amoniacal

A amônia (NH₃) é uma das representações mais reduzidas do átomo de nitrogênio, bem como seu ácido conjugado, o íon amônio (NH₄⁺), e são encontrados em ambientes anaeróbicos.

a) Chorume

Os valores encontrados para o chorume estão apresentados na **Figura 6.12**.

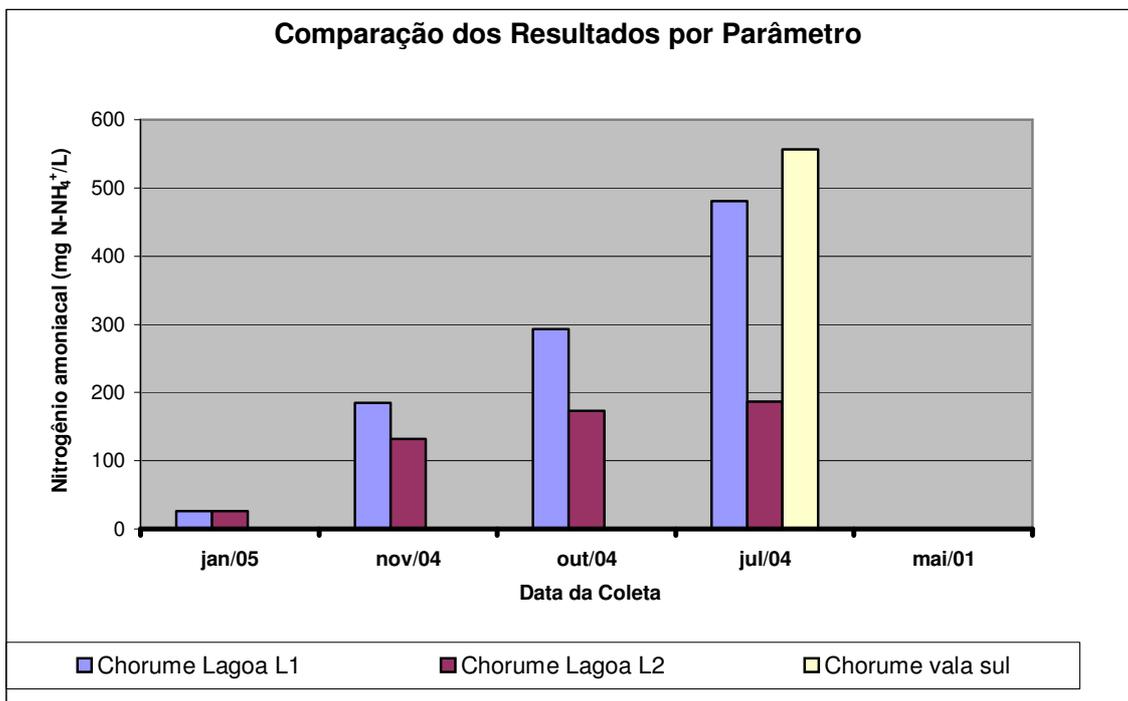


Figura 6.12. Valores encontrados para o nitrogênio amoniacal no chorume analisado.

Observa-se que os valores encontrados em julho/04 na lagoa L₁ e na vala sul encontram-se em torno de 500mg/L, valor este da mesma ordem de grandeza dos valores encontrados em Aterros Sanitários expostos na **Tabela 2.3**. No entanto, todos os valores se encontram acima do valor estabelecido para lançamento pelo CONAMA, que é menor que 5mg/L.

Observa-se também um decréscimo dos valores de nitrogênio amoniacal com o tempo, o que pode ser explicado pela volatilização e biodegradação do composto.

a. Pontos do entorno

Nos pontos do entorno foram encontrados os valores para o nitrogênio amoniacal apresentados na **figura 6.13**. Observa-se que os maiores valores foram encontrados no rio Iguaçu.

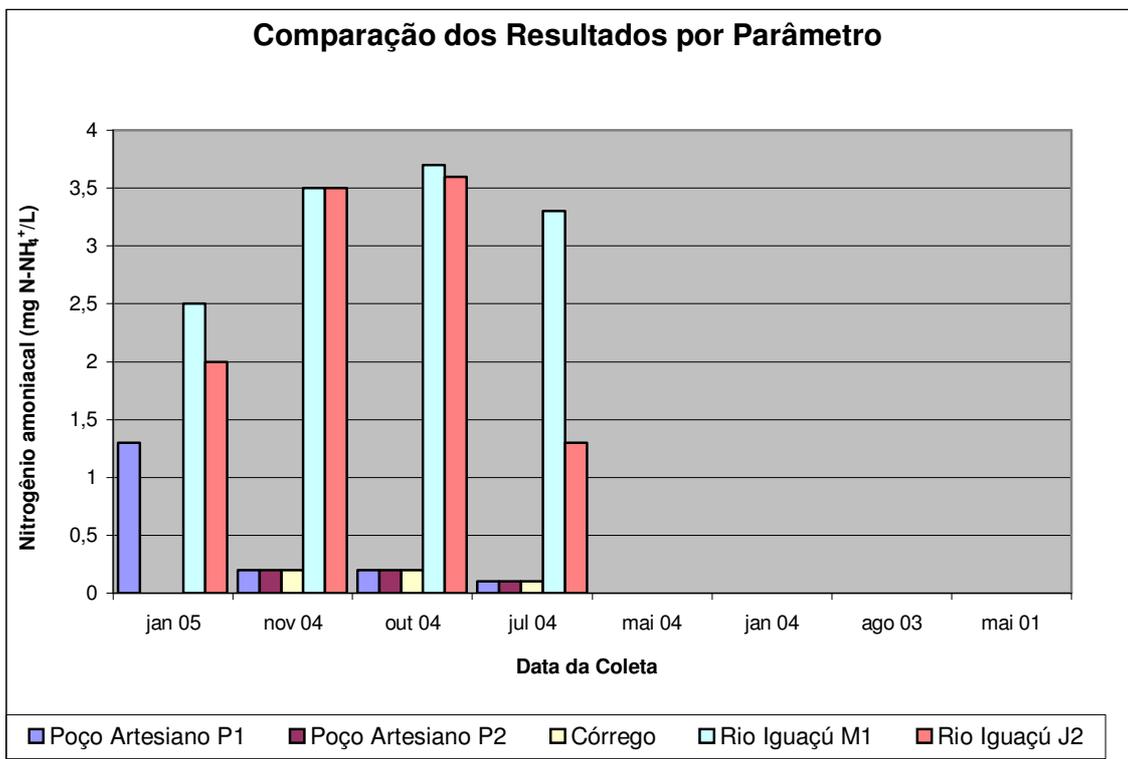


Figura 6.13. Valores de nitrogênio amoniaco encontrados nos pontos do entorno.

c) Piezômetros

Os valores encontrados para piezômetros são apresentados na **figura 6.14**. Observe-se que, como aconteceu com os parâmetros de discutidos anteriormente, o PZ₂, próximo ao sítio, apresenta valores compatíveis com o do chorume analisado nas amostras de outubro e novembro de 2004. Porém na amostra de janeiro de 2005, estes valores sofrem uma queda devido, provavelmente às chuvas ocorridas na época.

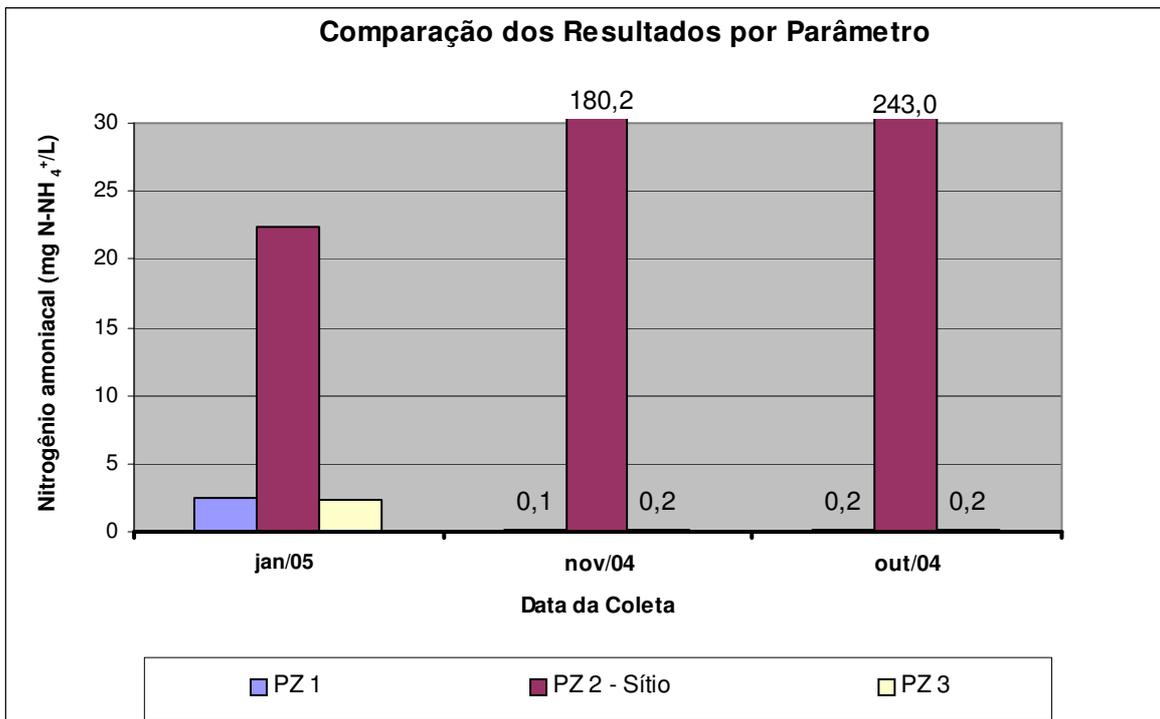


Figura 6.14. Valores obtidos nas análises dos piezômetros para nitrogênio amoniacal.

6.1.5. Alcalinidade

Trata-se do índice determinado pelos químicos analíticos para representar a concentração real em água dos ânions básicos (BAIRD, 2002). Na prática a alcalinidade é a medida da capacidade de um corpo d'água em resistir a acidificação.

a) Chorume

Os valores de alcalinidade encontrados nas amostragens de chorume se encontram apresentados na **figura 6.15**. Como pode ser observado, o valor médio encontrado para o chorume foi de 1.852 mg/L.

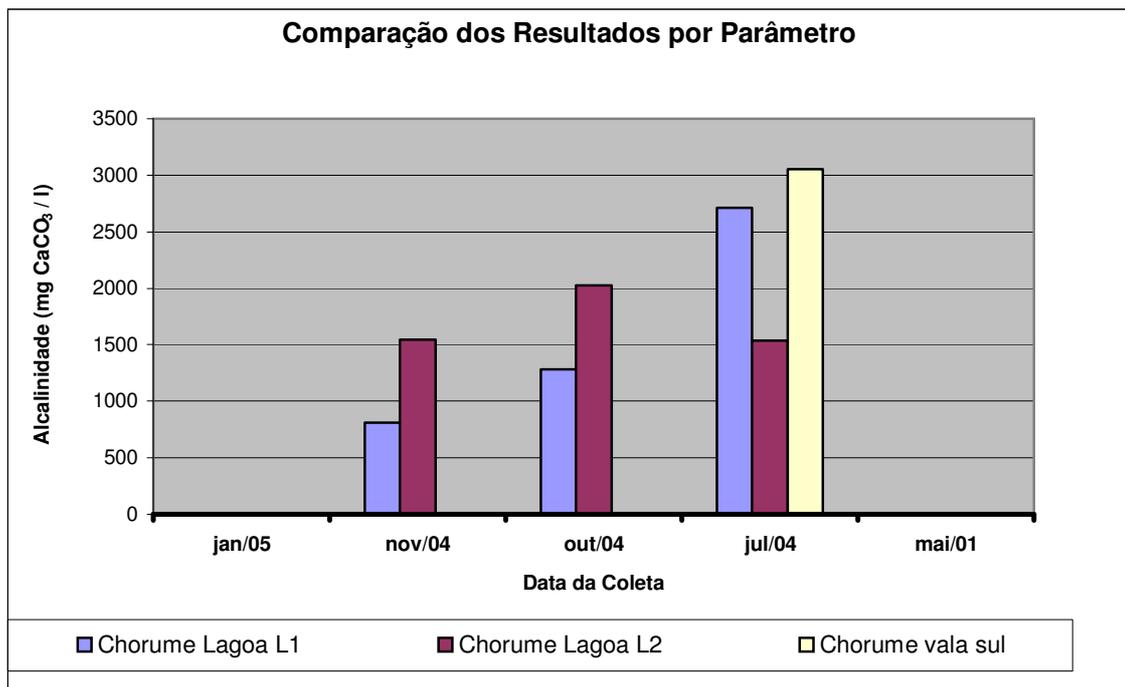


Figura 6.15. Valores encontrados para a alcalinidade nas amostragens de chorume.

b. Pontos do entorno

A **figura 6.16** apresenta os valores encontrados para a alcalinidade analisadas nas coletas realizadas nos pontos do entorno. Observa-se que os maiores valores foram encontrados no ponto coletado no córrego, principalmente nas amostragens de julho e novembro de 2004, em que os valores foram de 95 mg/L e 71 mg/L, respectivamente.

Todos os valores observados encontram-se bem abaixo daqueles encontrados para o chorume, não existindo então aparente relação entre eles.

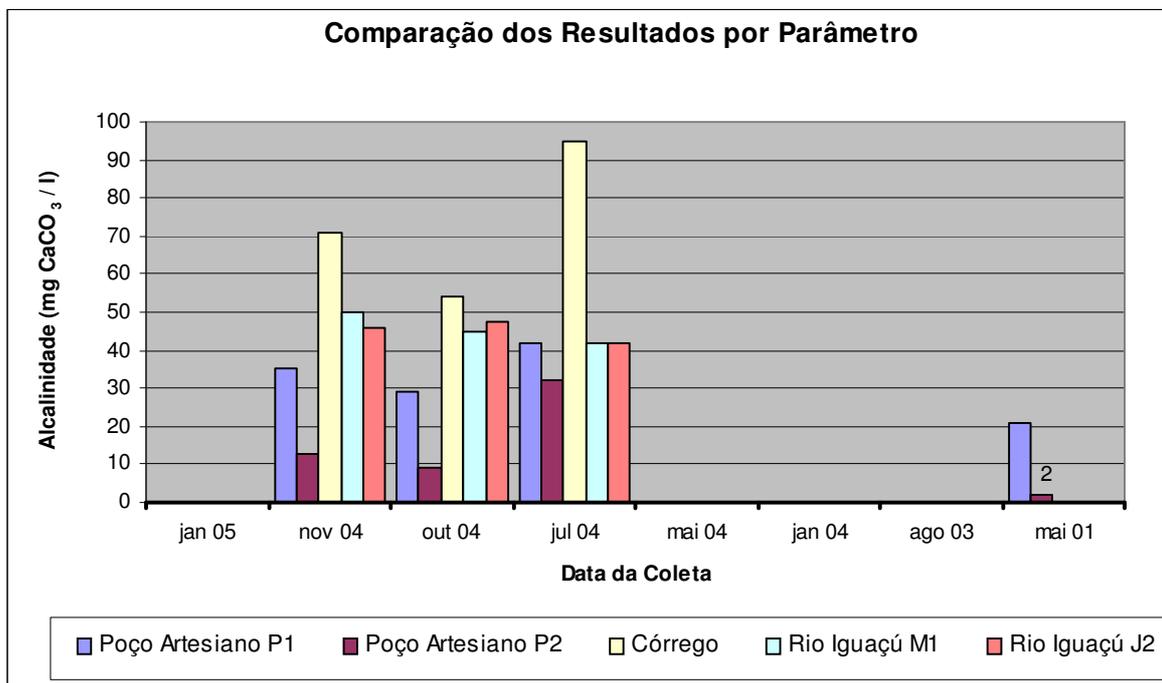


Figura 6.16. Valores de alcalinidade encontrados nos pontos do entorno.

c. Piezômetros

Como apresentado na **figura 6.17**, apenas o PZ₂, junto ao sítio apresenta contaminação significativa, podendo ser comparado com os valores encontrados para a alcalinidade do chorume. Os valores encontrados foram de 1.271mg/L em outubro, e 944mg/L em novembro de 2004.

Os dois outros piezômetros obtiveram valores em outubro de 236 mg/L e 135 mg/L, para o PZ₁ e PZ₃ respectivamente, e para a campanha de novembro, valores de 188mg/L para o PZ₁ e 60mg/L para o PZ₃. Apesar desses piezômetros terem apresentado valores bem mais altos do que os apresentados para os pontos do entorno (incluído-se as águas superficiais e as subterrâneas), não se pode fazer nenhuma suposição quanto a possível contaminação pelo chorume, visto que este apresenta valores de alcalinidade bem mais altos.

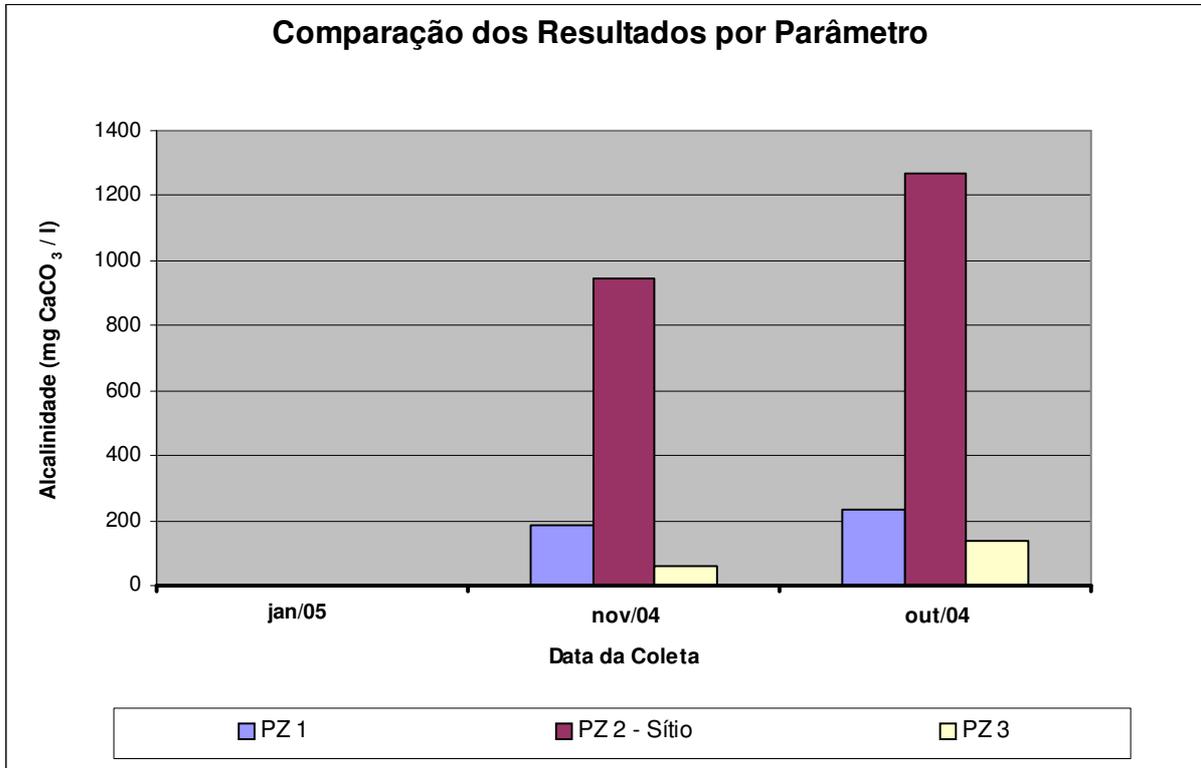


Figura 6.17. Valores encontrados para alcalinidade nos piezômetros monitorados.

6.1.6. Outros parâmetros relevantes

Como os outros parâmetros analisados apresentaram as mesmas características dos parâmetros já discutidos, optou-se por resumir-los em um único item. Todos eles se encontram apresentados nas tabelas do **anexo 5**.

A condutividade elétrica se retrata na capacidade que uma solução possui de conduzir eletricidade ou seja, é a presença de íons solúveis em uma solução.

A condutividade está relacionada com dois outros parâmetros analisados nesta pesquisa: os cloretos, que são íons solúveis e, portanto aumentam a condutividade; e os sólidos totais dissolvidos (STD), que também retratam a condutividade sob forma de íons dissolvidos.

O chorume apresentou média para condutividade de 6.133 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para STD um valor médio de 4.501 mg/L. Estes valores estão próximos aos valores apresentados na **tabela 2.3**. valores encontrados em aterros sanitários.

Quanto aos pontos no entorno, somente o córrego, analisado em maio de 2001 para SDT, se apresentava poluído (SDT = 4.296 mg/L), com valor próximo a média do chorume. Este ponto não foi analisado nesta época quanto à condutividade.

Dos piezômetros, somente o PZ₂ apresenta grande poluição, seguindo o mesmo comportamento apresentado nos demais parâmetros. Seus valores chegam a apresentar condutividade de 5.210µS/cm em outubro/04 e 4.530µS/cm em novembro/04. Os valores de SDT para este poço foram estabelecidos em 2.272 mg/L em outubro, e 3.286 mg/L em novembro. Em janeiro o valor estabelecido para SDT é de 195mg/L, confirmando, portanto o mesmo comportamento já relatado.

Para os outros piezômetros, somente as análises de outubro de 2004 ultrapassaram o normatizado para SDT em águas classe 2 (< 500 mg/L), obtendo valores de 528 mg/L no PZ₁ e 514mg/L no PZ₃.

6.1.7. Metais Pesados

Os resultados obtidos nas campanhas mostram que as análises realizadas no percolado não obtiveram resultados acima dos limites estabelecidos pela normatização em nenhum dos pontos quanto a cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco. Na análise realizada para níquel em 2001, também não se observou poluição.

Nos piezômetros instalados no vazadouro, observaram-se alterações nos valores de chumbo (0,09 mg/L) e cobre (0,03 mg/L) ambos encontrados no PZ₃, se enquadrando fora dos padrões estabelecidos para as águas de classe 2 (chumbo < 0,03 mg/L e cobre < 0,02 mg/L).

Já os pontos do entorno estiveram fora dos padrões em 2001 no poço P₁, onde se obteve para o cobre, 0,06 mg/L e no sítio o valor de 0,05mg/L.

O rio Iguaçu não apresentou valores para metais fora do padrão estabelecido no CONAMA 20, apesar do relatado pela FEEMA em 1984, exposto no Capítulo 2.

6.2. DISCUSSÃO GLOBAL DOS RESULTADOS

6.2.1. Chorume

Conforme apontado no item anterior, observa-se no geral, uma melhora nos parâmetros do chorume (comparados com a Resolução CONAMA 20 art. 21) com o decorrer do tempo. Portanto pode-se concluir que as lagoas de acumulação já estão proporcionando algum tipo de tratamento ao chorume.

Com os resultados das análises realizadas foi possível caracterizar o contaminante (chorume). Os valores médios encontrados nas análises são apresentados na **tabela 6.1**.

Tabela 6.1. Valores médios encontrados para o chorume.

Parâmetros	Número total de amostragens	Valores Médios (mg/L)*
pH	9	8,3
DBO	9	566
DQO	8 (a amostragem de 2001 não foi computada)	1.250
Cloreto	8	1.093
Nitrogênio amoniacal	8	254
Alcalinidade	7	1.853
Condutividade	8	6.134
SDT	9	4.501

(*) exceto pH que não tem unidade.

6.2.2. Águas superficiais

Quanto ao rio Iguaçu, não se observou nos pontos analisados, contaminação causada pelo chorume proveniente do antigo lixão. A qualidade de suas águas apresenta inclusive, valores melhores do que quando analisada pela FEEMA em 1984. Entretanto, é importante ressaltar que o rio Iguaçu não fora analisado em um ponto realmente a jusante do aterro. Como apresentado na **figura 5.9** esse ponto estaria locado após a confluência do canal das Flechas, que recebe a drenagem proveniente do córrego do sítio vizinho ao vazadouro.

Apesar do rio Iguaçu não estar sendo aparentemente contaminado pelo chorume nos pontos analisados, à sua localização se constitui em risco potencial, visto que este chega a

distar somente 50m do vazadouro em alguns trechos. Como se trata de uma região com balanço hídrico positivo deve-se atentar para que o chorume não aporte, por transbordo, nas águas superficiais.

As campanhas realizadas em 2001 no córrego indicaram, como constam no relatório do Departamento de Recursos Minerais (DRM, 2001) e da USP/SC, que se tratava de chorume, como pode ser observado nos parâmetros discutidos no item 6.1. Observa-se, contudo, uma grande melhora na qualidade de suas águas nas campanhas realizadas posteriormente, podendo-se até enquadrá-lo nos padrões do CONAMA, águas classe 2.

Isso se depreende do resultado das obras realizadas para remediação do vazadouro, como a terraplanagem e o sistema de drenagem de percolado, que conseguiram evitar que o chorume atingisse o córrego. Porém, já na última campanha realizada em janeiro, observou-se o carreamento dos taludes e o escoamento do chorume novamente no sentido do córrego, o que compromete a melhora alcançada.

6.2.3. Águas subterrâneas

Quanto aos pontos analisados, englobando-se os piezômetros instalados na área do aterro bem como os poços freáticos situados no sítio vizinho, observa-se que somente o piezômetro da vertente sudeste – PZ₂, junto ao sítio, apresentou poluição significativa, indicando uma fonte pontual de poluição na gama de pontos analisados nesta pesquisa.

Conclui-se que esta contaminação pode ter ocorrido por transbordo do chorume, como observado na campanha realizada em 2005, visto que o lençol freático no ponto em questão se apresenta mais alto, chegando até a aflorar.

Outra hipótese da contaminação seria por percolação do chorume através do solo chegando a atingir o lençol freático da região.

Apesar do coeficiente de permeabilidade do solo apresentar valores da ordem de 10^{-6} cm/s (Capítulo 4), nesse ponto a camada de solo é pouco espessa, fato constatado nas campanhas de campo, estando os resíduos dispostos mais próximos do lençol freático, permitindo assim que o chorume o tenha atingido.

O sentido do fluxo do lençol freático exposto no Capítulo 5 vem a confirmar esta hipótese. Como relatado, o fluxo ocorre no sentido sul/sudeste, na direção do PZ₂, onde foi detectada a contaminação.

A não ocorrência de contaminação significativa para o PZ₃ pode ser explicada devido à grande espessura de solo presente no entorno deste piezômetro, desta forma o chorume ainda não percolou a ponto de atingir o lençol.

O PZ₁ e os poços situados no sítio adjacente P₁ e P₂, também não apresentam contaminação aparente por chorume, pois uma vez atingido o lençol, os contaminantes estariam fluindo em outra direção.

Evidencia-se que dados utilizados para este trabalho foram obtidos através das quatro investigações de campo realizadas, e das amostragens anteriores (histórico).

Cabe ressaltar que apesar dessas investigações terem disponibilizado vários parâmetros para este estudo, observa-se que esses, na grande maioria dos pontos, não se mantiveram os mesmos, o que dificultou a avaliação do quadro encontrado na área.

CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Apesar de terem sido realizadas um grande número de campanhas de amostragem na área e no entorno do lixão da Marambaia, que disponibilizaram vários parâmetros para este estudo, observa-se que estes, na grande maioria dos pontos, não se mantiveram os mesmos, o que dificultou a avaliação do quadro encontrado na área.

A seguir relata-se as conclusões e sugestões depreendidas deste estudo, que são apresentadas separadamente conforme segue.

7.1. ÁGUAS SUPERFICIAIS

Quanto à qualidade da água do rio Iguaçu, esta apresenta valores melhores do que quando analisada pela FEEMA em 1984, não refletindo, nos pontos avaliados, aparente contaminação causada pelo chorume proveniente do antigo lixão. Entretanto, é importante ressaltar que o rio Iguaçu não fora analisado em um ponto realmente a jusante do aterro. Como apresentado na Figura 5.8 este ponto estaria locado após a confluência do canal das Flechas, canal este que recebe a drenagem proveniente do córrego do sítio vizinho ao lixão.

Apesar do rio Iguaçu não estar sendo aparentemente contaminado pelo chorume nos pontos analisados, à sua localização se constitui em risco potencial, visto que este chega a distar somente 50m do lixão em alguns trechos. Como se trata de uma região com balanço hídrico positivo deve-se atentar para que o chorume não aporte, por transbordo, as águas superficiais.

As campanhas realizadas em 2001 no córrego indicaram como constam no relatório do Departamento de Recursos Minerais (DRM, 2001) e da USP/SC, que se tratava de chorume, como pode ser observado nos parâmetros discutidos no capítulo 6. Observa-se, contudo, uma grande melhora na qualidade de suas águas nas campanhas realizadas posteriormente, podendo-se até enquadrá-lo nos padrões do CONAMA, águas classe 02.

Isto se depreende do resultado das obras realizadas para remediação do lixão, como a terraplanagem e o sistema de drenagem de chorume, que conseguiram evitar que o chorume

atingisse o córrego. Porém, já na última campanha realizada em janeiro, observou-se o carreamento dos taludes e o escoamento do chorume novamente no sentido do córrego, o que compromete a melhora alcançada.

Sugere-se então, que as obras do sistema de drenagem superficial projetado sejam acabadas para que desta forma não haja erosão por encharcamento dos taludes, como ocorrido em janeiro de 2005, ocasionando carreamento de materiais sólidos e chorume em direção do sítio vizinho, nem tampouco em quaisquer outras direções.

7.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Quanto aos poços analisados, englobando-se os poços de monitoramento instalados na área do aterro bem como os poços situados no sítio vizinho, observa-se que somente o poço da vertente sudeste – PM₂, junto ao sítio, apresentou poluição significativa, indicando uma fonte pontual de poluição na gama de pontos analisados nesta pesquisa.

Conclui-se que esta contaminação pode ocorrer por transbordo do chorume, como observado na campanha realizada em 2005, visto que o lençol freático no ponto em questão se apresenta mais alto, chegando até a aflorar.

Outra hipótese da contaminação seria por percolação do chorume através do solo chegando a atingir o lençol freático da região.

Apesar do coeficiente de permeabilidade do solo apresentar valores da ordem de 10⁻⁶ cm/s (capítulo 4), neste ponto a espessura da camada de solo é bastante fina, fato constatado nas campanhas de campo, estando os resíduos dispostos mais próximos do lençol freático, permitindo assim que o chorume o tenha atingido.

O sentido do fluxo do lençol freático exposto no Capítulo 5 vem a confirmar esta hipótese. Como relatado, o fluxo ocorre no sentido sul/sudeste, na direção do poço PM₂, onde fora detectada contaminação.

Os poços situados no sítio adjacente P₁ e P₂, não apresentam contaminação aparente por chorume, pois uma vez atingido o lençol, os contaminantes estariam fluindo em outra direção.

O PM₃, também não apresentou contaminação relevante, isto se explica devido a grande espessura de solo presente no entorno deste poço, desta forma o chorume ainda não percolou a ponto de atingir o lençol, considerando-se ainda, o sentido do fluxo sul/sudeste.

Outro fato relevante, observado na primeira visita ao Lixão da Marambaia em julho de 2004, foi a vegetação queimada no sentido sul/sudeste evidenciando a poluição por chorume neste sentido.

7.3. CHORUME

Os resultados das análises realizadas apontaram um chorume bastante característico. Observa-se no geral, uma melhora nos seus parâmetros (comparados com a Resolução CONAMA 20 art. 21) com o decorrer do tempo. Portanto observa-se que as lagoas de acumulação já estão proporcionando algum tipo de tratamento ao chorume, o que também foi comprovado com o surgimento de “lodo verde” na lagoa L₂, relatado no capítulo 6.

O tratamento do chorume por recirculação, como prevê o projeto se trata de um risco, visto que apesar da baixa permeabilidade do solo, já relatada, não houve impermeabilização de base e que os dispositivos de drenagem de chorume foram implantados no fechamento do lixão, não se tendo garantias que todo chorume produzido está sendo drenado por estes dispositivos. Sugere-se, portanto que a opção de tratamento de chorume por recirculação seja revista.

Levando-se em consideração que o chorume armazenado nas lagoas não apresenta recalcitrância, seu tratamento poderia ser realizado por processos biológicos, que são em sua maioria mais simples de se operar e apresentam menores custos.

Como no caso do lixão da Marambaia dispõe-se de um espaço físico relativamente grande para implantação do tratamento do chorume, e considerando que este já se encontra armazenado em duas lagoas, sugere-se que o tratamento seja realizado através de lagoas de estabilização ou através de “wetlands”.

7.4. PLANO DE MONITORAMENTO HÍDRICO

Destaca-se finalmente a importância da confecção de um Plano de Monitoramento, para que pontos importantes em um diagnóstico de contaminação não sejam suprimidos, como o ocorrido com o ponto à jusante do antigo lixão no Rio Iguaçu, como relatado no item 7.1.

Na confecção de um Plano de Monitoramento Hídrico, além do conhecimento hidrogeológico da região do entorno, se faz pertinente o conhecimento das águas superficiais da Bacia em que a área em estudo pertence, como se dá sua recarga de águas, seus afluentes e efluentes.

Já no caso das águas subterrâneas se faz necessário o conhecimento do aquífero não contaminado, com a furação, por exemplo, de um poço “branco” a montante da pluma de contaminação. Desta forma poderemos estabelecer parâmetros comparativos para os poços monitorados.

A composição da água subterrânea é influenciada pelo material geológico na qual se insere. As características químicas das águas subterrâneas dependem, inicialmente, da composição das águas de recarga e, em seguida, de sua evolução química, influenciada diretamente pelas litologias atravessadas.

O teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas vai aumentando à medida que prossegue o seu movimento. As variações naturais de qualidade das águas subterrâneas são pequenas.

Assim, características extremas ou diferentes daquelas esperadas indicam a presença de situações anômalas (corpos de minério, metamorfismo de rochas, ação antrópica).

Dentro deste contexto, há necessidade de se saber quais são os parâmetros químicos de uma determinada formação aquífera que podem ser considerados naturais ou provenientes de fontes antrópicas.

Ressalta-se também neste estudo a importância do esgotamento dos poços de monitoramento no dia anterior a coleta, pois como pode ser observado nas tabelas do anexo 04, as análises realizadas em outubro, antes do esgotamento indicaram um elevado teor de sólidos na amostra, provavelmente por não existir um grande fluxo imposto aos poços. Um valor equivocado dos sólidos pode acarretar também erros na condutividade e cloretos

como apresentado no capítulo 6. Fazendo o esgotamento impõe-se um fluxo maior ao poço, garantindo maior veracidade nos parâmetros analisados.

Outro fato constatado nesta pesquisa concerne ao procedimento de instalação dos poços de monitoramento. No caso específico deste estudo o selo dos poços foi efetuado com bentonita sódica (Capítulo 5). Analisando este material em laboratório encontramos como apresentado no **anexo 4**, um valor de pH alcalino (10,4) e valores altos para alcalinidade (1.054 mg CaCO₃/L), condutividade (1.142 µS/cm) e sólidos dissolvidos totais (2.980 mg/l). Estes valores podem ocasionar conclusões errôneas nas análises dos poços visto que possuem valores próximos aos encontrados no chorume. Deve-se, portanto se optar por outro selo se o propósito do monitoramento for a avaliação de contaminação proveniente de chorume.

Quanto aos pontos para monitoramento, além do já exposto para o rio Iguaçu, sugere-se que em todas as campanhas realizadas seja englobado o ponto no córrego (principal linha de drenagem do aterro), e quanto ao chorume que volte a se fazer análises distintas para as duas lagoas de acumulação, eliminando a análise composta.

Sugere-se ainda a implantação de um poço de monitoramento no terreno adjacente ao lixão no sentido sul/sudeste, para que se confirme a suposição da contaminação do lençol freático.

Quanto aos parâmetros a serem analisados é importante que estes continuem os mesmos durante todo o monitoramento para fins de comparação. Sugere-se que estes se mantenham conforme as análises realizadas pela LES/UERJ, visto que o histórico do chorume do lixão não apresentou metais pesados.

Propõe-se então que se dê continuidade à análise dos seguintes parâmetros: alcalinidade, amônia, cloreto, condutividade, DBO, DQO, fósforo, pH e sólidos totais, dissolvidos e suspensos.

ANEXOS

ANEXO 1

Resolução CONAMA nº 20, de junho de 1986;
NT 202, R10 – FEEMA, de dezembro de 1986.

ANEXO 2

Perfis de sondagens dos furos SM-276 e SM-277, realizados em abril de 2001.

ANEXO 3

Croqui dos níveis d'água dos piezômetros encontrados nas três investigações de campo.

ANEXO 4

Desenhos das triangulações realizadas para as três campanhas de coleta.

ANEXO 5

Tabelas de todos os parâmetros utilizados neste trabalho.

RESUMO DOS PARAMETROS - POÇOS DE MONITORAMENTO

1) AGUA SUBTERRANEA - POÇOS

Bentonita Sódica utilizada para selo dos poços

Laboratório responsável	UERJ
Parâmetros	fev/05
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	1.054
Condutividade (µS/cm)	1.142
pH	10,4
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	2.980

Poço de Monitoramento – vertente noroeste - ϕ 1”.

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		188	236	293
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	2,5	<0,2	<0,2	<0,2
Amônia Não Ionizável (mg/l)	<0,02	0,15			
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/l)	<0,03	<0,005			
Cloreto (mg/l)	<250	21	19	34	43
Cobre total (mg/l)	<0,02	<0,006			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	461	407	463	599
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/l O ₂)	<5	5	4	5	2
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	86	9	11	16
Ferro solúvel (mg/l)	<0,3	3,3			
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	0,37	0,34	0,20	<0,15
Manganês total (mg/l)	<0,1	1,6			
pH	6,0-9,0	8,0	7,7	8,0	7,6
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	495	726	1068	26522
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	301	298	528	2642
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	194	428	540	23880
Zinco total (mg/l)	<0,18	0,02			

Poço de monitoramento – vertente sudeste, junto ao sítio ϕ 2”.

Laboratório responsável		FIRJAN		UERJ	
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
		Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		944
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	22,4	180,2	243,0	245,0
Amônia não Ionizável (mg/l)	<0,02	0,95			
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/l)	<0,03	<0,005			
Cloreto (mg/l)	<250	32	833	955	973
Cobre total (mg/l)	<0,02	<0,006			
Condutividade (μ S/cm)	Não Estabelecido	417	4530	5210	5150
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/l O ₂)	<5	8	131	147	140
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	92	320	405	386
Ferro Solúvel (mg/l)	<0,3	5,9			
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	0,16	<0,15	<0,15	<0,15
Manganês total (mg/l)	<0,1	0,44			
pH	6,0-9,0	7,9	7,2	7,1	6,9
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	250	3518	2484	2986
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	195	3286	2272	2558
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	55	232	212	428
Zinco total (mg/l)	<0,18	<0,02			

Poço de monitoramento – vertente sudoeste - ϕ 2”.

Laboratório responsável		FIRJAN		UERJ	
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
		Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		60
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	2,4	<0,2	0,2	1,2
Amônia Não Ionizável (mg/l)	<0,02	<0,02			
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/l)	<0,03	0,091			
Cloreto (mg/l)	<250	9	19	13	13
Cobre total (mg/l)	<0,02	0,03			
Condutividade (μ S/cm)	Não Estabelecido	137,0	179,0	266,0	336,0
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/l O ₂)	<5	4	<2	3	3
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	92	3	3	5
Ferro Solúvel (mg/l)	<0,3	12			
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	0,65	<0,15	<0,15	<0,15
Manganês total (mg/l)	<0,1	1,7			
pH	6,0-9,0	6,6	6,0	6,4	6,5
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	2319	678	1074	16388
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	98	148	514	5612
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	2221	530	560	10776
Zinco total (mg/l)	<0,18	0,08			

Poço artesiano P1, sítio – abastecimento

Laboratório responsável		FIRJAN	LES - UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan 05	nov 04	out 04	jul 04	mai 04	jan 04	ago 03	mai 01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		35	29	42				21
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	1,3	<0,2	<0,2	0,1				
Amônia Não ionizável (mg/l)	<0,02	<0,02							
Cor (mg Pt/l)	<75					5	15	5	12
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/l)	<0,03	<0,005				<0,001	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	61	75	37	33				
Cobre total (mg/l)	<0,02	0,02				<0,02	<0,02	<0,02	0,06
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	277,0	293,0	183,7	151,3				
Coliformes fecais	<1000					23	8	<2	0
Coliformes totais	<5000					800	23	8	1565
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,13
DBO (mg/l O ₂)	<5	3	<2	2	<2	<1	<1	<1	2
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	68	<5	<5	<5	1	<1,0	<1	9
Dureza Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido								16
Ferro solúvel (mg/l)	<0,3	<0,11							
Ferro total (mg/l)	Não Estabelecido					<0,1	<0,1	<0,1	<0,005
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /l)	<0,025	<0,1							0,2
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido		<0,15	<0,15	<0,15	0,09	<0,025	<0,025	
Manganês total (mg/l)	<0,1	0,35				<0,1	<0,1	<0,1	0,02
Níquel total (mg/l)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido								0,9
OD (mg/l O ₂)	Não Estabelecido					5,9	7,6	6,0	7,6
pH	6,0-9,0	7,2	6,4	6,3	5,9	6,3	5,0	5,3	6,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					60	45	40	13
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	195	219	180	112	70	133	100	68
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					10	88	60	55
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					1	2	2	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	1	2	0	66	3	3	3	7
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					2	1	1	5
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	196	221	180	178	73	136	103	75
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					61	47	42	15
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					12	89	61	60
Turbidez (UNT)	Não Estabelecido					0,5	1,0	0,7	2,0
Zinco total (mg/l)	<0,18	0,06				<0,05	<0,05	<0,05	0,06

Poço artesiano P2, sítio – desativado

Laboratório responsável		UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido	13	9	32				2
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,2	<0,2	0,1				
Cor (mg Pt/l)	<75				15	35	5	34
Cádmio total (mg/l)	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/l)	<0,03				0,01	<0,01	0,02	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	19	11	11				
Cobre total (mg/l)	<0,02				<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	67,1	72,2	80,2				
Coliformes fecais	<1000				500	500	2	52
Coliformes totais	<5000				900	5000	50	1720
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido				<0,05	<0,05	<0,05	0,11
DBO (mg/l O ₂)	<5	<2	2	<2	<1	<1	<1	4
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	8	10	<5	3	2	<1	11
Dureza Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido							24
Ferro total (mg/l)	Não Estabelecido				0,3	0,6	0,1	<0,005
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /l)	<0,025							0,1
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,15	<0,15	<0,15	0,14	<0,025	<0,025	
Manganês total (mg/l)	<0,1				<0,1	<0,1	0,1	0,1
Níquel total (mg/l)	<0,025				<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido							0,9
OD (mg/l O ₂)	Não Estabelecido				2,3	6,9	3,7	6,6
pH	6,0-9,0	5,5	5,3	5,3	5,9	4,0	4,5	5,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				40	33	30	17
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	59	50	150	50	110	100	107
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				10	77	70	90
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				5	7	1	1
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	68	74	36	12	10	2	4
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				7	3	1	3
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	127	124	186	62	120	102	111
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				45	40	31	18
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				17	80	71	93
Turbidez (UNT)	Não Estabelecido				13	20	0,2	2,72
Zinco total (mg/l)	<0,18				<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

2) PERCOLADO (CHORUME)

Chorume vala sul

Laboratório responsável		UERJ
Parâmetros	CONAMA 20 - art. 21	jul/04
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido	3053
Amônia Total (mg NH ₃ /l)	<5,0	556,0
Cloreto (mg/l)	Não Estabelecido	1340
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	9430
DBO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	107
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	2133
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	3,2
pH	5,0-9,0	7,9
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	5446
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	5194
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	252

Chorume lagoa vertente noroeste

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 - art. 21	jan/05	nov/04	out/04	jul/04
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		1547	2025	1537
Amônia Total (mg NH ₃ /l)	<5,0	26,2	132,0	173,3	187,0
Amônia Não Ionizável (mg/l)	Não Estabelecido	6,9			
Cádmio total (mg/l)	<0,1*	<0,001			
Chumbo total (mg/l)	<0,5	<0,018			
Cloreto (mg/l)	Não Estabelecido	595	1276	1413	1097
Cobre total (mg/l)	<0,5*	0,01			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	2900	6250	7150	6190
Cromo total (mg/l)	<0,5*	<0,03			
DBO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	460	1221	1429	68
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	1201	1436	1605	850
Ferro Solúvel (mg/l)	<15,0	1,2			
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	3,9	7,3	4,2	1,8
Manganês total (mg/l)	Não Estabelecido	0,21			
pH	5,0-9,0	8,8	8,4	8,7	7,9
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido		4543	5202	3914
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	2126	4494	5146	3834
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	94	49	56	80
Zinco total (mg/l)	<1,0*	0,08			

OBS: A coleta de julho/04 foi realizada no local da lagoa, onde havia uma poça com chorume

A amostragem de janeiro foi composta com a lagoa da vertente sudoeste.

* Valores estabelecidos pela NT-202.R10, FEEMA

Chorume lagoa vertente sudoeste

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			USP
Parâmetros	CONAMA 20 - art. 21	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/01
	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		810	1282	2714
Amônia Total (mgNH ₃ /l)	<5,0	26,2	184,8	293,0	481,0	
Amônia Não Ionizável (mg/l)	Não Estabelecido	6,9				
Cádmio total (mg/l)	<0,1*	<0,001				<0,0006
Carbono Orgânico total (mg C/l)	Não Estabelecido					1379,5
Chumbo total (mg/l)	<0,5	<0,018				0,07
Cloreto (mg/l)	Não Estabelecido	595	936	1039	1049	
Cobre total (mg/l)	<0,5*	0,01				0,18
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	2900	4190	5220	7740	
Coliformes fecais	Não Estabelecido					3100
Coliformes totais	Não Estabelecido					33600
Cromo total (mg/l)	<0,5*	<0,03				0,4
DBO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	460	515	716	87	494
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	1201	746	945	1085	5680
Ferro Solúvel (mg/l)	<15,0	1,2				
Ferro total (mg/l)	Não Estabelecido					13
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	3,9	1,0	0,5	3,5	
Manganês total (mg/l)	Não Estabelecido	0,21				0,48
Níquel total (mg/l)	<1,0*					0,1
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido					939
pH	5,0-9,0	8,8	8,7	8,6	8,1	8,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					6053
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	2126	2999	3728	3740	9252
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					3199
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					100
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	94	83	76	98	313
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					213
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido		3082	3804	3838	9565
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					6153
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					3412
Zinco total (mg/l)	<1,0*	0,08				0,36

OBS: A amostragem de janeiro foi composta com a lagoa da vertente noroeste.

* Valores estabelecidos pela NT-202.R10, FEEMA

3) ÁGUA SUPERFICIAL – RIO IGUAÇÚ E CORREGO DO SÍTIO

Rio Iguaçu M1 – Montante próximo a ponte

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		50	45	42				
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	2,5	3,5	3,7	3,3				
Amônia Não Ionizável (mg/l)	<0,02	0,05							
Cor (mg Pt/l)	<75					35	90	45	159
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/l)	<0,03	<0,005				<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	8	9	14	10				
Cobre total (mg/l)	<0,02	<0,006				<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	116,0	152,3	146,6	110,7				
Coliformes fecais	<1000					110000	22000	130000	19863
Coliformes totais	<5000					500000	170000	240000	24192
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,16
DBO (mg/l O ₂)	<5	6	3	29	2	2	2	4	4
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	81	25	31	14	3	5	4	41
Ferro Solúvel (mg/l)	Não Estabelecido	2,3							
Ferro total (mg/l)	<0,3					1,2	1,9	0,7	0,6
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /l)	Não Estabelecido								1
Fósforo total (mg/l)	<0,025	0,18	0,4	0,8	0,15	0,46	<0,025	0,8	
Manganês total (mg/l)	<0,1	0,18				<0,1	<0,1	<0,1	0,08
Níquel total (mg/l)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido								7,6
OD (mg/l O ₂)	> 5,0					6,0	7,8	3,9	7,0
pH	6,0-9,0	7,6	6,8	7,0	6,7	6,3	5,0	6,9	6,8
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					30	31	60	105
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	82	116	150	102	60	70	80	161
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					30	39	20	56
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					8	28	7	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	12	68	54	78	13	33	13	6
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					5	5	6	4
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	94	184	204	180	73	103	93	167
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					38	59	67	107
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					35	44	26	60
Turbidez (UNT)	<100					4,5	20,0	7,0	19,4
Zinco total (mg/l)	<0,18	0,02				<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

Rio Iguaçu J1 – parte central do aterro

Laboratório responsável		UERJ	FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido	42				
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	1,7				
Cor (mg Pt/l)	<75		25	80	40	120
Cádmio total (mg/l)	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/l)	<0,03		<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	9				
Cobre total (mg/l)	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	110,9				
Coliformes fecais	<1000		170000	17000	1600	24192
Coliformes totais	<5000		500000	80000	300000	24192
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido		<0,05	<0,05	<0,05	0,19
DBO (mg/l O ₂)	<5	3	2	2	3	9
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	19	5	4,8	5	30
Ferro total (mg/l)	< 0,3		1,2	1,8	1,3	0,7
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /l)	Não Estabelecido					1
Fósforo total (mg/l)	<0,025	0,18	0,39	<0,025	0,8	
Manganês total (mg/l)	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Níquel total (mg/l)	<0,025		<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido					6,8
OD (mg/l O ₂)	> 5,0		5,7	7,7	3,4	7,2
pH	6,0-9,0	6,6	6,6	5,0	6,6	6,8
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido		40	43	70	84
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	88	60	80	90	158
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido		20	37	20	74
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido		6	23	2	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	82	12	25	7	10
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido		6	2	5	8
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	170	72	105	97	168
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido		46	66	72	86
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido		26	39	25	82
Turbidez (UNT)	<100		3,6	20,0	9,0	12,9
Zinco total (mg/l)	<0,18		<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

Rio Iguaçu J2 – Jusante do aterro

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido		46	47	42				
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	2,0	3,5	3,6	1,3				
Amônia Não Ionizável (mg/l)	<0,02	0,04							
Cor (mg Pt/l)	<75					30	90	40	108
Cádmio total (mg/l)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/l)	<0,03	0,006				<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	9	28	15	10				
Cobre total (mg/l)	<0,02	<0,006				<0,02	<0,02	<0,02	0,01
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	116,0	159,6	151,3	110,2				
Coliformes fecais	<1000					1100	30000	30000	4360
Coliformes totais	<5000					280000	80000	240000	9804
Cromo total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,15
DBO (mg/l O ₂)	<5	6	3	25	2	2	2	3	12
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	79	25	31	13	4	5	5	25
Ferro Solúvel (mg/l)	<0,3	2,3							
Ferro total (mg/l)	Não Estabelecido					2,0	1,6	1,3	0,3
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /l)	<0,025								0,8
Fósforo total (mg/l)	Não Estabelecido	0,17	0,43	0,46	0,17	0,09	0,13	0,80	
Manganês total (mg/l)	<0,1	0,18				<0,1	<0,1	<0,1	0,06
Níquel total (mg/l)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido								3,8
OD (mg/l O ₂)	> 5,0					6,3	7,8	3,5	7,6
pH	6,0-9,0	7,5	6,9	7,0	6,6	6,3	5,0	6,9	6,5
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					40	21	70	60
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	88	119	50	98	60	72	130	105
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					20	51	60	45
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					8	34	4	7
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	12	77	90	26	12	42	8	15
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					4	8	4	8
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	100	196	140	124	72	114	138	120
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido					48	55	74	67
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido					24	59	64	53
Turbidez (UNT)	<100					4,0	20,0	7,0	14,4
Zinco total (mg/l)	<0,18	<0,02				<0,05	<0,05	<0,05	<0,02

Córrego do Sítio

Laboratório responsável		UERJ			FIRJAN	USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	nov/04	out/04	jul/04	jan/04	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /l)	Não Estabelecido	71	54	95		
Amônia Total (mg/l)	Não Estabelecido	<0,2	<0,2	0,1		
Cor (mg Pt/l)	<75				25	
Cádmio total (mg/l)	<0,001				<0,001	<0,0006
Carbono Orgânico total (mg C/l)	Não Estabelecido					459,4
Chumbo total (mg/l)	<0,03				<0,01	<0,02
Cloreto (mg/l)	<250	75	50	40		
Cobre total (mg/l)	<0,02				<0,02	0,05
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	326,0	274,0	287,0		
Coliformes fecais	<1000				50	51.200
Coliformes totais	<5000				3.000	1.983.300
Cromo total (mg/l)	<0,05				<0,05	0,1
DBO (mg/l O ₂)	<5	<2	3	2	<1	835
DQO (mg/l O ₂)	Não Estabelecido	7	9	8	3	1778
Ferro total (mg/l)	Não Estabelecido				0,2	7
Fósforo total (mg/l)	<0,025	<0,15	<0,15	<0,15	0,3	
Manganês total (mg/l)	<0,1				<0,1	0,24
Níquel total (mg/l)	<0,025				<0,025	<0,008
Nitrogênio Total (mg N/l)	Não Estabelecido					357
OD (mg/l O ₂)	>5,0				7,8	
pH	6,0-9,0	7,2	7,7	6,8	5,0	8,5
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				37	3061
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	<500	238	282	53	83	4296
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				46	1235
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				79	40
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	57	52	27	95	88
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				16	48
Sólidos Totais (mg/l)	Não Estabelecido	295	334	80	178	4384
Sólidos Totais Fixos (mg/l)	Não Estabelecido				116	3101
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	Não Estabelecido				62	1283
Turbidez (UNT)	<100				20	
Zinco total (mg/l)	<0,18				<0,05	0,02

RESUMO DOS PARAMETROS

1. CHORUME

Chorume lagoa L₁ (vertente sudoeste)

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			USP
Parâmetros	CONAMA 20 – art. 21	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		810	1282	2714	
Amônia Não Ionizável (mg/L)	Não Estabelecido	6,9				
Cádmio total (mg/L)	<0,1*	<0,001				<0,0006
Carbono Orgânico total (mg C/L)	Não Estabelecido					1379,5
Chumbo total (mg/L)	<0,5	<0,018				0,07
Cloreto (mg/L)	Não Estabelecido	595	936	1039	1049	
Cobre total (mg/L)	<0,5*	0,01				0,18
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	2900	4190	5220	7740	
Coliformes fecais	Não Estabelecido					3100
Coliformes totais	Não Estabelecido					33600
Cromo total (mg/L)	<0,5*	<0,03				0,4
DBO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	460	515	716	87	494
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	1201	746	945	1085	5680
Ferro Solúvel (mg/L)	<15,0	1,2				
Ferro total (mg/L)	Não Estabelecido					13
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	3,9	1,0	0,5	3,5	
Manganês total (mg/L)	Não Estabelecido	0,21				0,48
Níquel total (mg/L)	<1,0*					0,1
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	<5,0	26,2	184,8	293,0	481,0	
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido					939
pH	5,0-9,0	8,8	8,7	8,6	8,1	8,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					6053
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	2126	2999	3728	3740	9252
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					3199
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					100
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	94	83	76	98	313
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					213
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido		3082	3804	3838	9565
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					6153
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					3412
Zinco total (mg/L)	<1,0*	0,08				0,36

OBS: A amostragem de janeiro foi composta com a lagoa da vertente noroeste.

* Valores estabelecidos pela NT-202.R10, FEEMA

Chorume lagoa L₂ (vertente noroeste)

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 - art. 21	jan/05	nov/04	out/04	jul/04
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		1547	2025	1537
Amônia Não Ionizável (mg/L)	Não Estabelecido	6,9			
Cádmio total (mg/L)	<0,1*	<0,001			
Chumbo total (mg/L)	<0,5	<0,018			
Cloreto (mg/L)	Não Estabelecido	595	1276	1413	1097
Cobre total (mg/L)	<0,5*	0,01			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	2900	6250	7150	6190
Cromo total (mg/L)	<0,5*	<0,03			
DBO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	460	1221	1429	68
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	1201	1436	1605	850
Ferro Solúvel (mg/L)	<15,0	1,2			
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	3,9	7,3	4,2	1,8
Manganês total (mg/L)	Não Estabelecido	0,21			
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	<5,0	26,2	132,0	173,3	187,0
pH	5,0-9,0	8,8	8,4	8,7	7,9
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido		4543	5202	3914
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	2126	4494	5146	3834
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	94	49	56	80
Zinco total (mg/L)	<1,0*	0,08			

OBS: A coleta de julho/04 foi realizada no local da lagoa, onde havia uma poça com chorume
A amostragem de janeiro foi composta com a lagoa da vertente sudoeste.

* Valores estabelecidos pela NT-202.R10, FEEMA

Chorume vala sul

Laboratório responsável		UERJ
Parâmetros	CONAMA 20 - art. 21	jul/04
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido	3053
Cloreto (mg/L)	Não Estabelecido	1340
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	9430
DBO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	107
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	2133
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	3,2
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	<5,0	556,0
pH	5,0-9,0	7,9
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	5446
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	5194
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	252

2. PONTOS DO ENTORNO

2.1. Águas Superficiais

Rio Iguaçu M₁ – Montante próximo a ponte

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		50	45	42				
Amônia Não Ionizável (mg/L)	<0,02	0,05							
Cor (mg Pt/L)	<75					35	90	45	159
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/L)	<0,03	<0,005				<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	8	9	14	10				
Cobre total (mg/L)	<0,02	<0,006				<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	116,0	152,3	146,6	110,7				
Coliformes fecais	<1000					110000	22000	130000	19863
Coliformes totais	<5000					500000	170000	240000	24192
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,16
DBO (mg/L O ₂)	<5	6	3	29	2	2	2	4	4
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	81	25	31	14	3	5	4	41
Ferro Solúvel (mg/L)	Não Estabelecido	2,3							
Ferro total (mg/L)	<0,3					1,2	1,9	0,7	0,6
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /L)	Não Estabelecido								1
Fósforo total (mg/L)	<0,025	0,18	0,4	0,8	0,15	0,46	<0,025	0,8	
Manganês total (mg/L)	<0,1	0,18				<0,1	<0,1	<0,1	0,08
Níquel total (mg/L)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	2,5	3,5	3,7	3,3				
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido								7,6
OD (mg/L O ₂)	> 5,0					6,0	7,8	3,9	7,0
pH	6,0-9,0	7,6	6,8	7,0	6,7	6,3	5,0	6,9	6,8
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					30	31	60	105
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	82	116	150	102	60	70	80	161
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					30	39	20	56
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					8	28	7	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	12	68	54	78	13	33	13	6
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					5	5	6	4
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	94	184	204	180	73	103	93	167
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					38	59	67	107
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					35	44	26	60
Turbidez (UNT)	<100					4,5	20,0	7,0	19,4
Zinco total (mg/L)	<0,18	0,02				<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

Rio Iguaçu J₁ – em frete a parte central do aterro

Laboratório responsável		UERJ	FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido	42				
Cor (mg Pt/L)	<75		25	80	40	120
Cádmio total (mg/L)	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/L)	<0,03		<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	9				
Cobre total (mg/L)	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	110,9				
Coliformes fecais	<1000		170000	17000	1600	24192
Coliformes totais	<5000		500000	80000	300000	24192
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido		<0,05	<0,05	<0,05	0,19
DBO (mg/L O ₂)	<5	3	2	2	3	9
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	19	5	4,8	5	30
Ferro total (mg/L)	< 0,3		1,2	1,8	1,3	0,7
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /L)	Não Estabelecido					1
Fósforo total (mg/L)	<0,025	0,18	0,39	<0,025	0,8	
Manganês total (mg/L)	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Níquel total (mg/L)	<0,025		<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	1,7				
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido					6,8
OD (mg/L O ₂)	> 5,0		5,7	7,7	3,4	7,2
pH	6,0-9,0	6,6	6,6	5,0	6,6	6,8
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido		40	43	70	84
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	88	60	80	90	158
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido		20	37	20	74
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido		6	23	2	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	82	12	25	7	10
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido		6	2	5	8
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	170	72	105	97	168
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido		46	66	72	86
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido		26	39	25	82
Turbidez (UNT)	<100		3,6	20,0	9,0	12,9
Zinco total (mg/L)	<0,18		<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

Rio Iguaçu J₂ – Jusante do aterro

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		46	47	42				
Amônia Não Ionizável (mg/L)	<0,02	0,04							
Cor (mg Pt/L)	<75					30	90	40	108
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/L)	<0,03	0,006				<0,01	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	9	28	15	10				
Cobre total (mg/L)	<0,02	<0,006				<0,02	<0,02	<0,02	0,01
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	116,0	159,6	151,3	110,2				
Coliformes fecais	<1000					1100	30000	30000	4360
Coliformes totais	<5000					280000	80000	240000	9804
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,15
DBO (mg/L O ₂)	<5	6	3	25	2	2	2	3	12
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	79	25	31	13	4	5	5	25
Ferro Solúvel (mg/L)	<0,3	2,3							
Ferro total (mg/L)	Não Estabelecido					2,0	1,6	1,3	0,3
Fosfato Total (mg PO ₄ ³⁻ /L)	<0,025								0,8
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	0,17	0,43	0,46	0,17	0,09	0,13	0,80	
Manganês total (mg/L)	<0,1	0,18				<0,1	<0,1	<0,1	0,06
Níquel total (mg/L)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	2,0	3,5	3,6	1,3				
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido								3,8
OD (mg/L O ₂)	> 5,0					6,3	7,8	3,5	7,6
pH	6,0-9,0	7,5	6,9	7,0	6,6	6,3	5,0	6,9	6,5
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					40	21	70	60
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	88	119	50	98	60	72	130	105
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					20	51	60	45
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					8	34	4	7
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	12	77	90	26	12	42	8	15
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					4	8	4	8
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	100	196	140	124	72	114	138	120
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					48	55	74	67
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					24	59	64	53
Turbidez (UNT)	<100					4,0	20,0	7,0	14,4
Zinco total (mg/L)	<0,18	<0,02				<0,05	<0,05	<0,05	<0,02

Córrego do Sítio

Laboratório responsável		UERJ			FIRJAN	USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	nov/04	out/04	jul/04	jan/04	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO3/L)	Não Estabelecido	71	54	95		
Cor (mg Pt/L)	<75				25	
Cádmio total (mg/L)	<0,001				<0,001	<0,0006
Carbono Orgânico total (mg C/L)	Não Estabelecido					459,4
Chumbo total (mg/L)	<0,03				<0,01	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	75	50	40		
Cobre total (mg/L)	<0,02				<0,02	0,05
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	326,0	274,0	287,0		
Coliformes fecais	<1000				50	51.200
Coliformes totais	<5000				3.000	1.983.300
Cromo total (mg/L)	<0,05				<0,05	0,1
DBO (mg/L O2)	<5	<2	3	2	<1	835
DQO (mg/L O2)	Não Estabelecido	7	9	8	3	1778
Ferro total (mg/L)	Não Estabelecido				0,2	7
Fósforo total (mg/L)	<0,025	<0,15	<0,15	<0,15	0,3	
Manganês total (mg/L)	<0,1				<0,1	0,24
Níquel total (mg/L)	<0,025				<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH4+/L)	Não Estabelecido	<0,2	<0,2	0,1		
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido					357
OD (mg/L O2)	>5,0				7,8	
pH	6,0-9,0	7,2	7,7	6,8	5,0	8,5
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				37	3061
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	238	282	53	83	4296
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				46	1235
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				79	40
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	57	52	27	95	88
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				16	48
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	295	334	80	178	4384
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				116	3101
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				62	1283
Turbidez (UNT)	<100				20	
Zinco total (mg/L)	<0,18				<0,05	0,02

2.2. Águas Subterrâneas

Poço artesiano P₁, sítio – abastecimento

Laboratório responsável		FIRJAN	LES - UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan 05	nov 04	out 04	jul 04	mai 04	jan 04	ago 03	mai 01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		35	29	42				21
Amônia Não ionizável (mg/L)	<0,02	<0,02							
Cor (mg Pt/L)	<75					5	15	5	12
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/L)	<0,03	<0,005				<0,001	<0,01	0,01	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	61	75	37	33				
Cobre total (mg/L)	<0,02	0,02				<0,02	<0,02	<0,02	0,06
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	277,0	293,0	183,7	151,3				
Coliformes fecais	<1000					23	8	<2	0
Coliformes totais	<5000					800	23	8	1565
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03				<0,05	<0,05	<0,05	0,13
DBO (mg/L O ₂)	<5	3	<2	2	<2	<1	<1	<1	2
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	68	<5	<5	<5	1	<1,0	<1	9
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido								16
Ferro solúvel (mg/L)	<0,3	<0,11							
Ferro total (mg/L)	Não Estabelecido					<0,1	<0,1	<0,1	<0,005
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /L)	<0,025	<0,1							0,2
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido		<0,15	<0,15	<0,15	0,09	<0,025	<0,025	
Manganês total (mg/L)	<0,1	0,35				<0,1	<0,1	<0,1	0,02
Níquel total (mg/L)	<0,025					<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	1,3	<0,2	<0,2	0,1				
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido								0,9
OD (mg/L O ₂)	Não Estabelecido					5,9	7,6	6,0	7,6
pH	6,0-9,0	7,2	6,4	6,3	5,9	6,3	5,0	5,3	6,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					60	45	40	13
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	195	219	180	112	70	133	100	68
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					10	88	60	55
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					1	2	2	2
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	1	2	0	66	3	3	3	7
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					2	1	1	5
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	196	221	180	178	73	136	103	75
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido					61	47	42	15
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido					12	89	61	60
Turbidez (UNT)	Não Estabelecido					0,5	1,0	0,7	2,0
Zinco total (mg/L)	<0,18	0,06				<0,05	<0,05	<0,05	0,06

Poço artesiano P₂, sítio – desativado

Laboratório responsável		UERJ			FIRJAN			USP
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	nov/04	out/04	jul/04	mai/04	jan/04	ago/03	mai/01
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido	13	9	32				2
Cor (mg Pt/L)	<75				15	35	5	34
Cádmio total (mg/L)	<0,001				<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006
Chumbo total (mg/L)	<0,03				0,01	<0,01	0,02	<0,02
Cloreto (mg/L)	<250	19	11	11				
Cobre total (mg/L)	<0,02				<0,02	<0,02	<0,02	<0,003
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	67,1	72,2	80,2				
Coliformes fecais	<1000				500	500	2	52
Coliformes totais	<5000				900	5000	50	1720
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido				<0,05	<0,05	<0,05	0,11
DBO (mg/L O ₂)	<5	<2	2	<2	<1	<1	<1	4
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	8	10	<5	3	2	<1	11
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido							24
Ferro total (mg/L)	Não Estabelecido				0,3	0,6	0,1	<0,005
Fosfato Total (mg PO ₄ ⁻³ /L)	<0,025							0,1
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,15	<0,15	<0,15	0,14	<0,025	<0,025	
Manganês total (mg/L)	<0,1				<0,1	<0,1	0,1	0,1
Níquel total (mg/L)	<0,025				<0,025	<0,025	<0,025	<0,008
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	<0,2	<0,2	0,1				
Nitrogênio Total (mg N/L)	Não Estabelecido							0,9
OD (mg/L O ₂)	Não Estabelecido				2,3	6,9	3,7	6,6
pH	6,0-9,0	5,5	5,3	5,3	5,9	4,0	4,5	5,0
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				40	33	30	17
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	59	50	150	50	110	100	107
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				10	77	70	90
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				5	7	1	1
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	68	74	36	12	10	2	4
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				7	3	1	3
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	127	124	186	62	120	102	111
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Não Estabelecido				45	40	31	18
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Não Estabelecido				17	80	71	93
Turbidez (UNT)	Não Estabelecido				13	20	0,2	2,72
Zinco total (mg/L)	<0,18				<0,05	<0,05	<0,05	<0,002

3. PIEZÔMETROS

PZ₁ – vertente noroeste - ϕ 1”.

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
				ANTES*	DEPOIS*
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		188	236	293
Amônia Não Ionizável (mg/L)	<0,02	0,15			
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/L)	<0,03	<0,005			
Cloreto (mg/L)	<250	21	19	34	43
Cobre total (mg/L)	<0,02	<0,006			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	461	407	463	599
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/L O ₂)	<5	5	4	5	2
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	86	9	11	16
Ferro solúvel (mg/L)	<0,3	3,3			
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	0,37	0,34	0,20	<0,15
Manganês total (mg/L)	<0,1	1,6			
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	2,5	<0,2	<0,2	<0,2
pH	6,0-9,0	8,0	7,7	8,0	7,6
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	495	726	1068	26522
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	301	298	528	2642
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	194	428	540	23880
Zinco total (mg/L)	<0,18	0,02			

(*) Coletas realizadas antes e depois do esgotamento dos piezômetros.

PZ₂ – vertente sudeste, junto ao sítio φ 2”

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
				ANTES*	DEPOIS*
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		944	1271	1249
Amônia não Ionizável (mg/L)	<0,02	0,95			
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/L)	<0,03	<0,005			
Cloreto (mg/L)	<250	32	833	955	973
Cobre total (mg/L)	<0,02	<0,006			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	417	4530	5210	5150
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/L O ₂)	<5	8	131	147	140
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	92	320	405	386
Ferro Solúvel (mg/L)	<0,3	5,9			
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	0,16	<0,15	<0,15	<0,15
Manganês total (mg/L)	<0,1	0,44			
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	22,4	180,2	243,0	245,0
pH	6,0-9,0	7,9	7,2	7,1	6,9
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	250	3518	2484	2986
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	195	3286	2272	2558
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	55	232	212	428
Zinco total (mg/L)	<0,18	<0,02			

(*) Coletas realizadas antes e depois do esgotamento dos piezômetros.

PZ₃ – vertente sudoeste - φ 2”

Laboratório responsável		FIRJAN	UERJ		
Parâmetros	CONAMA 20 (águas classe 2)	jan/05	nov/04	out/04	
				ANTES*	DEPOIS*
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Não Estabelecido		60	135	169
Amônia Não Ionizável (mg/L)	<0,02	<0,02			
Cádmio total (mg/L)	<0,001	<0,001			
Chumbo total (mg/L)	<0,03	0,091			
Cloreto (mg/L)	<250	9	19	13	13
Cobre total (mg/L)	<0,02	0,03			
Condutividade (µS/cm)	Não Estabelecido	137,0	179,0	266,0	336,0
Cromo total (mg/L)	Não Estabelecido	<0,03			
DBO (mg/L O ₂)	<5	4	<2	3	3
DQO (mg/L O ₂)	Não Estabelecido	92	3	3	5
Ferro Solúvel (mg/L)	<0,3	12			
Fósforo total (mg/L)	Não Estabelecido	0,65	<0,15	<0,15	<0,15
Manganês total (mg/L)	<0,1	1,7			
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	Não Estabelecido	2,4	<0,2	0,2	1,2
pH	6,0-9,0	6,6	6,0	6,4	6,5
Sólidos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	2319	678	1074	16388
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<500	98	148	514	5612
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Não Estabelecido	2221	530	560	10776
Zinco total (mg/L)	<0,18	0,08			

(*) Coletas realizadas antes e depois do esgotamento dos piezômetros.