**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE UM ATERRO SANITÁRIO
INSTALADO EM UMA ANTIGA ÁREA DE DISPOSIÇÃO
IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Ernesto Massayoshi Sumi

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo
2009

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Uriel Duarte pela orientação e do incentivo nesse trabalho.

Ao Dr. Celso Kolesnikovas pelo desenvolvimento do trabalho, ajuda e paciência.

Ao Prof. Dr. Raphael Hypólito pelos conselhos na parte química.

Ao Geólogo Robercal companheiro da pós-graduação.

À Ana Paula e Magali pela dedicação no trabalho da secretaria da pós-graduação.

Ao pessoal da biblioteca, sempre dispostos a ajudar quando necessário.

Ao Tadeu do apoio acadêmico que além do apoio acadêmico também ajudou na informática.

Ao pessoal da gráfica sempre dispostos a ajudar.

Ao Antônio do LIG pela ajuda na impressão do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

À Érika pelo incentivo no trabalho na correção, abstract, formatação e dicas para apresentação do trabalho.

À Lílian pela ajuda na correção e formatação.

À Danielle pela ajuda na correção.

Ao Pedro pelo incentivo e ajuda na correção.

E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para concretização desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS.....	3
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 - INTRODUÇÃO.....	9
2 - OBJETIVO.....	14
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 – HIDROMETEREOLOGIA.....	14
3.2 – HIDROGEOLOGIA.....	19
3.2.1 – <i>Lei de Darcy</i>	19
3.2.2 – <i>Poços de Monitoramento</i>	23
3.2.2.1 – <i>Construção de Poços de Monitoramento</i>	24
3.2.2.2 – <i>Poço de Montante</i>	29
3.2.2.3 – <i>Poço de Jusante</i>	29
3.2.5 – <i>Ensaio de Condutividade Hidráulica</i>	29
3.2.5.1 – <i>Slug Test</i>	30
3.2.5.2 – <i>Cálculo da Condutividade Hidráulica</i>	32
3.2.6 – <i>Amostragem da Água Subterrânea</i>	33
3.2.6.2 – <i>Esgotamento/ Purga do Poço</i>	34
3.2.6.3 – <i>Retirada de amostra de água subterrânea</i>	34
3.2.6.4 – <i>Leituras de parâmetros “in situ”</i>	35
3.2.6.6 – <i>Coleta de amostra</i>	35
3.2.6.7 – <i>Preservação das Amostras</i>	36
3.3 – RESÍDUOS SÓLIDOS.....	36
3.3.1 – <i>Risco Ambiental</i>	37
3.3.2 – <i>Origem</i>	37
3.4 – MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	42
3.4.1 – <i>Lixão</i>	43
3.4.2 – <i>Aterro Controlado</i>	43
3.4.3 – <i>Aterro Sanitário</i>	44
3.5 – LIXIVIADO.....	46
3.5.1 – <i>Composição do Lixiviado</i>	47
3.5.2 – <i>Processo de Formação do Lixiviado</i>	49
3.6 – CONTAMINAÇÃO POR LIXIVIADO.....	52
3.7 – TRABALHOS ANTERIORES.....	56
4 – METODOLOGIA.....	57
4.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	57
4.1.1 – <i>Localização</i>	57
4.1.2 – <i>Geologia Regional</i>	58
4.1.3 – <i>Geomorfologia</i>	63
4.1.4 – <i>Hidrometeorologia</i>	66
4.1.5 – <i>Caracterização do Aterro</i>	67
4.1.6 – <i>Hidrogeologia do Local do Aterro</i>	71
4.1.6.1 – <i>Instalação dos Poços de Monitoramento</i>	71

4.1.6.2 – Ensaio de Permeabilidade tipo Slug.....	78
4.1.6.3 – Coleta de Amostras de água subterrânea e Superficial.....	78
4.1.6.4 – Análises químicas das amostras das águas	80
5 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	85
5.1 – ESTIMATIVA DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA METEÓRICA NA CÉLULA CENTRAL POR MEIO DE BALANÇO HÍDRICO	85
5.2 – MODELO HIDROGEOLÓGICO OBTIDO.....	90
5.2.1 – Valores Obtidos no Ensaio de Condutividade Tipo Slug e Velocidade da Água Subterrânea	98
5.3 – ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL.....	100
5.3.1 - Águas Subterrâneas	100
5.3.2 - Poços Provisórios (PP's) e Poço de Nascente Canalizada (PNC).....	108
5.3.3 - Águas Superficiais	109
6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	118
6.1 - ESTIMATIVA DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA METEÓRICA NA CÉLULA CENTRAL POR MEIO DE BALANÇO HÍDRICO	118
6.2 - MODELO HIDROGEOLÓGICO OBTIDO.....	119
6.2.1 – Valores Obtidos no Ensaio de Condutividade Tipo Slug e Velocidade da Água Subterrânea	120
6.3 - ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL	121
6.3.1 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	121
6.3.2 - Poços Provisórios e PNC.....	123
6.3.3 - Águas Superficiais	124
7 – CONCLUSÕES	127
8 - RECOMENDAÇÕES	129
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXO.....	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.a – Produção diária de Resíduos Sólidos Municipal no Estado de São Paulo nos anos de 1997 a 2005.	09
Figura 1.b – Gráfico do percentual do volume coletado de resíduo sólido por tipo de disposição final no Brasil no ano de 2000, segundo os estratos populacionais dos municípios.	11
Figura 1.c – Índice de qualidade na disposição de resíduos no Estado de São Paulo no ano de 2005, em vermelho situações inadequadas, em amarelo situações controladas e em verde situações adequadas.	12
Tabela 3.1.a – Coeficiente de escoamento superficial correspondente à razão entre o volume de água precipitado e volume de água escoado superficialmente.	17
Figura 3.2.1.a – Tubo horizontal preenchido com areia para demonstrar a experiência de Darcy.	20
Tabela 3.2.1.a – Intervalo de Condutividade Hidráulica de sedimentos inconsolidados.	22
Figura 3.2.2.1.a – Esquema construtivo de um poço de monitoramento, sem escala.	28
Figura 3.3.2.a – Mapa da cidade de São Paulo dividido em administrações regionais com diferentes produções diárias de resíduos sólidos, as informações são referentes do ano de 2001.	41
Tabela 3.3.2.a – Variação na composição dos resíduos na cidade de São Paulo ao longo dos anos de 1927 a 1998.	42
Tabela 3.5.1.a – Principais fontes de elementos químicos nos resíduos municipais.	48
Figura 3.5.2.a – Gráfico representando os estágios de decomposição dos resíduos sólidos de origem municipal.	51
Figura 3.6.a – Processos físico-químicos em um aterro sanitário.	54
Figura 3.6.b –Concentrações do ferro e manganês dissolvido na água subterrânea ao longo do seu fluxo em um aterro sanitário.	55
Figura 4.1.2. a – Mapa Geológico da região leste do estado de São Paulo com o Grupo São Roque representado em azul.	60
Figura 4.1.2.b – Mapa geológico do local do aterro.	62
Figura 4.1.3.a – Mapa Geomorfológico.	65
Gráfico 4.1.4.a – Balanço hídrico normal mensal com cálculo da evapotranspiração potencial e evapotranspiração real por Thornthwaite & Mather para o posto do DAEE mais próximo do local do aterro. Período de dados: 1941 a 1970	66
Gráfico 4.1.4.b – Extrato do balanço hídrico normal mensal por Thornthwaite e	67

Mather para o posto do DAEE mais próximo do local do aterro. Período de dados: 1941 a 1970.

Gráfico 4.1.5.a – Gráfico com os tipos de resíduos depositados no aterro avaliado nos anos de 2001 a 2005	68
Figura 4.1.5.b – Planta do aterro sanitário estudado.	70
Figura 4.1.6.1.a – Mapa do aterro sanitário com localização dos 14 poços de monitoramento, 4 poços provisório (PP) e 4 pontos de amostragem de água superficial.	73
Figura 4.1.6.1.b – Mapa da célula central com localização de poços de monitoramento provisório (PP) e poços de monitoramento.	74
Foto 4.1.6.1.a – Caixa de proteção do poço de monitoramento.	75
Foto 4.1.6.1.b – Caixa de proteção do poço de monitoramento aberto com lacre na tampa superior.	75
Foto 4.1.6.1.c – Execução de sondagem para a instalação de PP's.	76
Foto 4.1.6.1.d – Tubos de PVC para a instalação de PP's.	76
Foto 4.1.6.1.e – Perfuração do " <i>Hollow Stem Auger</i> ".	76
Foto 4.1.6.1.f – Poço Provisório acabado.	76
Tabela 4.1.6.1.a – Dados Construtivos dos PM's 01 a 07 próximos à célula central	77
Tabela 4.1.6.1.b – Dados Construtivos dos PM's 14 e PP's 01 a 04 próximos à célula central.	77
Foto 4.1.6.3.a – Esgotamento de água no poço de monitoamento.	79
Foto 4.1.6.3.b – Retirada de amostra sem provocar turbulência da água.	79
Foto 4.1.6.3.c – Transferência da amostra de água para frascos adequados.	80
Foto 4.1.6.3.d – Medições de Parâmetros, pH, potencial óxi-redução, temperatura e oxigênio dissolvido.	80
Foto 4.1.6.3.e – Amostras resfriadas adequadamente para o transporte até o laboratório.	80
Tabela 4.1.6.4.a – Parâmetros analisados nas amostras da água subterrâneas com valores orientadores CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004.	81
Tabela 4.1.6.4.b – Tabela com os parâmetros analisados na água superficial e valores orientadores da resolução CONAMA n ^o 357 de 2005.	84
Figura 5.1.a – Precipitação do local do aterro sanitário do ano de 2005.	86
Figura 5.1.b – Produção de lixiviado do aterro sanitário do ano de 2005.	87
Tabela 5.1.a – Tabela com o número de dias e temperatura média dos meses ao longo de um ano utilizado para obter a evapotranspiração.	87
Tabela 5.1.b – Valores da precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e infiltração.	88

Tabela 5.1.c – Valor de Infiltração da água precipitada e o volume da água que infiltra na célula central.	88
Tabela 5.1.d – Volume de lixiviado produzido e volume estimado de água que infiltra na área da célula central.	89
Tabela 5.2.a – Tabela com cotas topográficas dos poços de monitoramento próximos da célula central de disposição de resíduos, níveis d'águas medidos em Janeiro de 2006 e a carga hidráulica.	90
Figura 5.2.a – Perfis construtivos e litológicos dos poços provisórios e de monitoramento utilizados para a elaboração do perfil A-B.	92
Figura 5.2.b – Célula central com linhas equipotenciais, direção do fluxo da água subterrânea e perfil A-B.	94
Figura 5.2.c – Modelo de fluxo da água subterrânea pela célula central do aterro sanitário.	95
Figura 5.2.d – Modelo de fluxo da água subterrânea pela célula central do aterro no perfil A-B.	96
Figura 5.2.e – Precipitação média anual.	97
Figura 5.2.f – Variação de N.A dos PM's rasos.	97
Figura 5.2.g - Variação de N.A dos PM's profundos.	97
Figura 5.2.1.a – Gráfico da recuperação do nível d'água subterrânea e o cálculo utilizado para a condutividade.	99
Figura 5.3.1.a – Concentração de alumínio total.	102
Figura 5.3.1.b – Concentração de chumbo total.	102
Figura 5.3.1.c – Coliformes totais.	102
Figura 5.3.1.d - Coliformes totais.	102
Figura 5.3.1.e – Concentração de cloreto.	103
Figura 5.3.1.f - Concentração de cloreto.	103
Figura 5.3.1.g – Concentração de dureza.	103
Figura 5.3.1.h - Concentração de dureza.	103
Figura 5.3.1.p – Concentração de ferro total.	104
Figura 5.3.1.q - Concentração de manganês total.	104
Figura 5.3.1.r – Concentração de sulfato.	104
Figura 5.3.1.s - Concentração de sulfato.	104
Figura 5.3.1.t – Concentração de sulfato.	105
Figura 5.3.1.u - Concentração de sulfato.	105
Figura 5.3.1.v – Condutividade elétrica específica à 25°C.	105
Figura 5.3.1.x - Condutividade elétrica específica.	105
Figura 5.3.1.z – Cor.	106

Figura 5.3.1.a.a – Demanda química de oxigênio.	106
Figura 5.3.1.a.b – Demanda biológica de oxigênio.	106
Figura 5.3.1.a.c – Concentração de OD.	106
Figura 5.3.1.a.d – pH.	107
Figura 5.3.1.a.e – Potencial redox.	107
Figura 5.3.1.a.f – Índice de turbidez.	108
Tabela 5.3.2.a – Resultado das análises de poços de monitoramento provisórios e PNC. Data de coleta 18/01/2006. (N.R – Não Regulamentado).	108
Figura 5.3.3.a – Concentração de alumínio total.	110
Figura 5.3.3.b – Concentração de Cloreto.	110
Figura 5.3.3.c – Concentração de fosfato total.	111
Figura 5.3.3.d – Concentração de fósforo total.	111
Figura 5.3.3.e – Concentração de manganês total.	112
Figura 5.3.3.f – Concentração de óleos e graxas.	112
Figura 5.3.3.g – Concentração de Sólidos Totais.	112
Figura 5.3.3.h – Condutividade elétrica específica à 25 ^o C.	112
Figura 5.3.3.i – Demanda bioquímica de oxigênio.	113
Figura 5.3.3.j – Demanda química de oxigênio.	113
Figura 5.3.3.l – Concentração de oxigênio dissolvido.	114
Figura 5.3.3.m – pH.	114
Figura 5.3.3.n - Concentração de alumínio total.	115
Figura 5.3.3.o – Concentração de cloreto.	115
Figura 5.3.3.p - Concentração de fosfato total.	115
Figura 5.3.3.q – Concentração de fósforo total.	115
Figura 5.3.3.r – Concentração de manganês total.	116
Figura 5.3.3.s - Concentração de óleos e graxas.	116
Figura 5.3.3.t – Concentração de sólidos totais.	117
Figura 5.3.3.u – Condutividade elétrica específica à 25 ^o C.	117
Figura 5.3.3.v – Demanda bioquímica de oxigênio.	117
Figura 5.3.3.x – Demanda química de oxigênio.	117
Figura 5.3.3.z – Oxigênio dissolvido.	118
Figura 5.3.3.a.a – pH.	118

RESUMO

No passado, a disposição de resíduos sólidos sem nenhum tipo de tratamento e controle era algo normal e muito praticado. Em consequência, as áreas de disposição transformaram-se em um sério problema de caráter ambiental e de saúde pública. Uma solução encontrada foi reutilizar essas áreas como depósitos de resíduos sólidos, mas agora de forma segura em construções conhecidas como aterros sanitários. O objetivo do presente trabalho é analisar a água subterrânea sob uma célula de disposição de resíduo de origem municipal construída em um antigo terreno utilizado como depósito indiscriminado. Para isso, foram pesquisadas as características físicas da área (geomorfologia, geologia, hidrometeorologia e hidrogeologia). A partir da hidrometeorologia, foi estimada a quantidade de água meteórica sob a célula central e esta foi comparada com a produção de lixiviado produzido na célula central, a diferença entre o estimado (34.006m^3) e o produzido (36.338m^3) foi de 6,42% para o ano de 2005. Para obter a caracterização da qualidade da água subterrânea foram realizadas amostragens da água subterrânea e água superficial em torno da célula central ao longo dos anos de 2005 e 2006, com intervalos de três meses entre uma campanha e outra. Os parâmetros que apresentaram resultados acima dos valores orientadores para águas subterrâneas (CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004) foram: alumínio total, arsênio total, bário total, chumbo total, cloreto total, coliformes totais, cor, ferro total, manganês total, mercúrio total, níquel total, sólidos dissolvidos totais, sulfato e turbidez. Já os parâmetros que apresentaram resultados acima dos valores de intervenção para águas superficiais classe III (CONAMA, 2005) foram: alumínio total, cor, fosfato total, fósforo total, manganês total, odor, óleos e graxas e sólidos totais. Os resultados dessas análises indicam que existe uma alteração das águas, provavelmente devido aos antigos resíduos que ainda são uma fonte de contaminação, mas não apresentaram evidências de que a célula central de disposição de resíduos esteja participando da alteração da água subterrânea e superficial.

ABSTRACT

In the past, the disposal of solid residue without any type of treatment and control was a common and widespread practice. As a result of that, the old areas used as dump have become a serious environmental and public health problem. Some of these areas are being reused in constructions now known as landfills, this time in a way that they aren't a threat anymore. The objective of this research is to analyze the groundwater under a municipal area of residue disposal built on the land of an old irregular dump. For this purpose, the physical characteristics of the area (geomorphology, geology, hydrometeorology and hydrogeology) were studied. With the results from the hydrometeorology analyzes it was possible to estimate the quantity of meteoric water under the central cell which was compared to the production of leachate in the central cell; the difference between the estimated (34.006m^3) and the produced (36.338m^3) was 6,42% in 2005. To characterize the groundwater quality, samples from ground and superficial water were taken from the area surrounding the central cell every three months during 2005 and 2006. The parameters whose results are above reference values for groundwater (CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004) were: aluminum, arsenic, barium, lead, chlorate, coliform total, color, iron, manganese, mercury, nickel, solids total dissolved, sulphate and turbidity. The parameters whose results were above intervention value for superficial water class III (CONAMA, 2005) were: aluminum, color phosphate, phosphor, manganese, odor, oils and grease and solids dissolved. The results of these analyzes indicate that there's an alteration in these waters, probably due to old residues disposed of that are still a source of contamination, but these results didn't provide any evidence as of to prove that the central cell is participating in this alteration of the ground and superficial water.

1 - INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos descartados aumentou proporcionalmente conforme a população, a produção e o consumo dos produtos. Como se livrar desses materiais indesejáveis tem se tornado um sério problema, agravado pela falta de locais para disposição de resíduos (aterros sanitários) nas grandes metrópoles. A Figura 1.a mostra o aumento da produção de resíduos no Estado de São Paulo, informação fornecida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006).

Figura 1.a – Produção diária de Resíduos Sólidos Municipal no Estado de São Paulo nos anos de 1997 a 2005 (CETESB, 2006).

Até pouco tempo atrás, o termo “lixo” era sinônimo de resíduo sólido, mas também carregava um sentido pejorativo, de algo inútil, não aproveitável. Atualmente, tem-se tornado uma fonte de matéria prima e está perdendo a conotação negativa, por estar se tornando um recurso aproveitável para a sociedade. Devido a esta visão popular pejorativa, esse termo não será utilizado nesse trabalho e será substituído por resíduo sólido.

No Brasil, a maior parte dos resíduos gerados é encaminhada para lixões, aterros controlados ou aterros sanitários. Cada método de disposição será apresentado a seguir.

Aterro controlado e lixão são métodos muito rudimentares de disposição de resíduos. No caso do lixão, a preocupação e o tratamento de controle ambiental são nulos. O resíduo é simplesmente despejado em valas preexistentes, drenagens ou em terrenos baldios. No caso do aterro controlado, há tratamentos como, por exemplo, escolher a área de deposição, cavar da vala e cobrir com o solo ao final da deposição. Em ambos os casos, existe o problema de contaminação do solo e da água subterrânea por meio de produção de chorume, decorrente da decomposição dos resíduos sólidos ali depositados. O aterro sanitário, dentre os três métodos é o que possui controle ambiental para evitar danos da água subterrânea decorrente da infiltração do lixiviado no solo.

Normalmente, os depósitos de resíduos sólidos municipais estão localizados próximos das áreas urbanas, pois diminuir a distância entre o local de geração dos resíduos e de disposição implica um custo menor com o transporte. Contudo, a escassez de recursos, a falta de preocupação com o controle ambiental e a baixa produção de resíduos induzem os pequenos municípios à utilizar métodos de depósitos inadequados em relação ao controle da contaminação.

A figura a seguir apresenta dados gerados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a disposição dos resíduos sólidos no Brasil no ano de 2000 e relaciona o tamanho do município com o tipo de disposição dos resíduos: lixão, aterro controlado ou aterro sanitário. Na classificação, os municípios foram divididos utilizando o critério de número de habitantes (até 9.999 habitantes; de 10.000 à 19.999; de 20.000 à 49.999; de 50.000 à 99.999; de 100.000 à 199.999; de 200.000 à 499.999; de 500.000 à 999.999; acima de 1.000.000). Incluindo todos os municípios do Brasil, a quantidade de lixões é de 30,5%, aterro controlado 22,3% e aterro sanitário 47,1%. Em municípios acima de 1.000.000 habitantes, 83% utilizam o aterro sanitário como forma

de disposição final de resíduo, contrastando com municípios de 10.000 à 19.999 habitantes, onde somente 13% desses municípios utilizam o aterro sanitário (Figura 1.b).

Figura 1.b – Gráfico do percentual do volume coletado de resíduo sólido por tipo de disposição final no Brasil no ano de 2000, segundo os estratos populacionais dos municípios (IBGE 2002).

A contaminação da água ocasionada pela disposição inadequada de resíduos é um sério problema ainda não solucionado. Atualmente, no Estado de São Paulo, existe uma preocupação em controlar e remediar os danos causados por esse tipo de atividade, mas apesar disso, nem a metade dos municípios do Estado possuem condições adequadas de disposição de resíduos sólidos (CETESB, 2006).

A CETESB em 2006 apresentou informações relacionadas à condição da disposição final de resíduos nos 645 municípios do Estado de São Paulo no ano de 2005. Na figura abaixo, os municípios que apresentam condições de disposição de resíduos adequadas estão representados pela cor verde (48,5%), os que apresentam

condições controladas pela cor amarela (7,36 %) e os que apresentam situações inadequadas pela cor vermelha (23,6%). (Figura 1.c).

Figura 1.c – Índice de qualidade na disposição de resíduos no Estado de São Paulo no ano de 2005, em vermelho situações inadequadas, em amarelo situações controladas e em verde situações adequadas (CETESB, 2006).

Os lixões e os aterros controlados são as principais fontes de contaminação de águas subterrâneas, especialmente quando próximas das áreas urbanas, pois esses tipos de depósitos não apresentam um controle de resíduos. Resíduos de origem domiciliar, industrial e hospitalar são depositados sem nenhum critério, misturados, constituindo uma fonte diversificada de contaminação. Resíduos industriais podem conter solventes orgânicos e metais pesados; os hospitalares, microorganismos

patogênicos; e os domiciliares, embora possam ser considerados menos prejudiciais, são diversificados demais para serem considerados seguros.

As águas que infiltram nos depósitos de resíduos é composta principalmente pela água meteórica. A água percolam o aterro e entram em contato com o material nele presente, podendo levar as substâncias desses resíduos para a água subterrânea quando o aterro estiver em situação de vazamento. Estes resíduos podem ser materiais tóxicos e patogênicos. Tal líquido, conhecido como lixiviado, é disperso pelo fluxo da água subterrânea espalhando os contaminantes para o aquífero à jusante. Por causa dessa mistura entre a água subterrânea local e o lixiviado, podem ocorrer reações físico-químicas entre os elementos presentes no lixiviado e minerais presentes no aquífero, fazendo com que esses contaminantes alterem a condição natural da água subterrânea local.

Um sério problema para recuperar as áreas já contaminadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos é o alto custo. Muitos municípios não possuem recursos suficientes para o manejo dessas áreas. Outro fator agravante da situação é a utilização de poços cacimbas para abastecimento de água. Esse tipo de abastecimento não possui tipo algum de tratamento e é um dos principais meios de captação de água para consumo, especialmente no interior do Brasil. Mas essa situação não é exclusiva de locais distantes dos centros urbanos. Nas periferias das metrópoles, áreas que não foram beneficiadas com o saneamento básico, o uso dos poços cacimbas é a única fonte de captação de água. Além disso, são nessas localidades onde geralmente estão localizados os depósitos de resíduos, o que aumenta o risco de a população local entrar em contato com a contaminação advinda desta disposição inadequada.

Um método com controle ambiental para a disposição de resíduos sólidos é o aterro sanitário. Esse método possui técnicas de engenharia que visam não causar danos ou riscos de contaminação, aumentando os quesitos de segurança ambiental. Todo resíduo é confinado: a base do aterro é totalmente impermeabilizada com geomembranas, camadas de argila e drenos do lixiviado e do gás formado na

decomposição da matéria orgânica. A idéia desse método de disposição é impedir e/ou minimizar o máximo a migração do lixiviado do aterro para o aquífero.

Em situações de disposição de resíduos sólidos, é importante um controle para saber se existe ou não contaminação provocada por essa atividade. No caso de um aterro sanitário, mesmo com um bom nível de segurança, podem ocorrer acidentes que prejudiquem a água subterrânea. Um método para diagnosticar a situação de um aterro sanitário é o monitoramento da água subterrânea com poços de monitoramento. E dessa forma, diagnosticar a contaminação para providenciar medidas de contenção e minimizar os danos desse impacto ambiental.

2 - OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é analisar as condições da água subterrânea em um terreno onde havia um depósito clandestino de resíduos sólidos e onde posteriormente foi construído um aterro sanitário. Para isso foi estudado o balanço hídrico da célula central, a qual foi considerada como uma micro-bacia; as características do terreno quanto a geomorfologia e geologia, hidrogeologia, e análises químicas da água subterrânea e superficial.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Hidrometereologia

A Hidrometereologia possibilita traçar uma correlação entre o regime de precipitação do local do aterro com a produção de lixiviado. De forma resumida, pode-se dizer que a água de origem meteórica atinge o solo que cobre o aterro, e uma parcela dela infiltra no mesmo se tornando a principal fonte de água na produção do lixiviado devido ao contato com o resíduo presente no aterro. Existem vários métodos de

estimar a produção de lixiviado no aterro, tais como o Método Suíço, o balanço hídrico e Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (BARROS, 2004).

O método Suíço é um método muito simplificado que utiliza a precipitação anual, a área do aterro e o peso específico dos resíduos. O método do balanço hídrico utiliza valores possíveis de se obter, tais como o valor da precipitação, escoamento superficial e evapotranspiração. O método Hydrologic Evaluation of Landfill Performance é um método mais completo que utiliza informações sobre dados climáticos, propriedades dos solos e dos resíduos e a geometria das camadas do aterro (BARROS, 2004).

O método do balanço hídrico é uma interessante ferramenta para ser utilizado para estimar o comportamento da produção de lixiviado de um determinado aterro sanitário, e, na fase de projeto, para prever a quantidade de lixiviado que um determinado aterro irá produzir. Em casos de aterros de grandes dimensões, o estudo na fase de projeto é fundamental para o dimensionamento da lagoa de tratamento do lixiviado e assim evitar que o mesmo se forme em maior quantidade do que a capacidade da lagoa de tratamento evitando-se, assim, um transbordamento do lixiviado.

Para o método do balanço hídrico é importante conhecer o ciclo da água. Os processos que regem esse ciclo são: o aquecimento da superfície terrestre pela energia da irradiação solar, o conseqüente movimento das massas de ar e os ventos, o aumento da temperatura dos mares e da terra e a evaporação da água da superfície, bem como o estímulo do crescimento das plantas e a transpiração de vapor de água através das folhas. A água evaporada pela energia da irradiação solar eleva-se na atmosfera, aumentando a quantidade de água no ar, e assim formam-se as nuvens e nevoeiros, a chuva, neve, granizo, orvalho. Essas são as formas da água retornar sob a forma líquida e sólida para a superfície terrestre.

Para que ocorra a infiltração da água meteórica no solo é preciso que a quantidade de chuva seja alta o suficiente para que não seja interceptada pela

evaporação e/ou pela copa das árvores. A água que atingiu o solo percola verticalmente até que atinja um material impermeável e inicie a movimentação horizontal, paralela ao plano da superfície, como fluxo subsuperficial. Caso não ocorra essa interrupção pelo material impermeável, a água pode continuar percolando até incorporar-se ao lençol subterrâneo (BIGARELLA, 2003).

Para o presente trabalho, é importante conhecer o padrão da água meteórica e as características da bacia hidrográfica onde o aterro está localizado para que seja possível estimar a quantidade de água que infiltra e entrará em contato com os resíduos armazenados no aterro. Para isso, o aterro sanitário deve ser considerado como uma micro-bacia, uma vez que toda a água meteórica que atinge o aterro infiltra-se no material depositado carreando o chorume, e escoando pelas drenagens para convergir no ponto de captação do lixiviado.

Para Tucci (1991), a bacia hidrográfica é definida como uma área de captação da água de precipitação demarcada por divisores topográficos, onde a água captada converge para um único ponto de saída, chamado exutório. O autor complementa a definição da bacia hidrográfica como a ser considerado um sistema físico, tendo como entrada o volume de água da precipitação e como saída o volume de água escoado pelo exutório, existindo perdas intermediárias por volumes evaporados, transpirados e infiltrados.

O balanço hídrico possibilita quantificar a água que entra e sai de uma determinada bacia hidrográfica. Segundo o autor abaixo, o “balanço hídrico é um sistema físico onde é possível quantificar o ciclo hidrológico em um intervalo de tempo, normalmente um ano” (FREEZY; CHERRY, 1979). Para quantificar o balanço hídrico é usada a equação geral do balanço hídrico:

$$\mathbf{P-E-Q(\pm\Delta S) = 0;} \quad (3.1.a)$$

Onde:

P - precipitação sobre a bacia;

E - volume de água que saiu da bacia por evaporação e evapotranspiração;

Q - Volume total de água escoado pela bacia pelo escoamento superficial;

ΔS - Armazenamento no interior da bacia, retida nas formações geológicas, esse termo pode ser positivo ou negativo, quando positivo, a formação geológica está perdendo água, quando negativo há a recarga da água subterrânea;

Para obter as informações hidrometeorológicas são utilizadas estações meteorológicas, que fornecem dados históricos de pluviometria em frequências preferencialmente mensais sendo que a estação deve ser a mais próxima possível do local do aterro para que as informações sejam mais precisas.

Para estimar o valor da infiltração é possível utilizar valores de coeficientes de escoamento superficial, em função das características do terreno (Tabela 3.1.a). Considerando que o terreno do aterro é coberto com solo com baixa compactação e com gramíneas podemos utilizar os valores em torno de 10% à 30%, correspondente a terrenos cultivados em plantações de cereais ou legumes, localizadas em zonas baixas e várzeas.

Tabela 3.1.a – Coeficiente de escoamento superficial correspondente à razão entre o volume de água precipitado e volume de água escoado superficialmente.

Característica do Terreno	Escoamento Superficial (%)
Áreas de declividade moderadas (terreno ondulado), grandes porções de gramados, flores silvestres ou bosques, sobre um manto fino de material poroso que cobre o material não poroso.	40 - 65
Matas e florestas de árvores decíduas em terreno de declividade variadas.	35 – 60
Florestas e matas de árvores de folhagens permanentes em terreno de declividade variadas.	5 – 50

Continua

Tabela 3.1.a – Coeficiente de escoamento superficial correspondente à razão entre o volume de água precipitado e volume de água escoado superficialmente.

Pomares: plantações de árvores frutíferas com áreas abertas cultivadas ou livres de qualquer planta, a não ser gramas.	15 – 40
Terrenos cultivados em plantações de cereais ou legumes, em zonas altas (fora de zonas baixas e várzeas).	15 – 40
Terrenos cultivados em plantações de cereais ou legumes, localizadas em zonas baixas e várzeas.	10 - 30

Fonte: Villela e Matos *apud* ABGE, 1998

Para obter os valores de evapotranspiração foi utilizado o método de Thornthwaite, 1948, nesse método é utilizada a latitude em graus do local, número de dias do mês e temperatura. Segue equação abaixo:

$$ETP = F_c \cdot 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \quad (3.1.b)$$

Onde:

F_c = Fator de Correção, depende da Latitude;

T = Temperatura média (°C);

I = Constante (Equação 3.1.c);

a = Constante (Equação 3.1.d);

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,514} \quad (3.1.c)$$

Onde:

t_i = Temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$);

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492 \quad (3.1.d)$$

Utilizada a equação 3.1.a, conhecida a precipitação e evapotranspiração é traçada uma correlação entre a precipitação e a quantidade de lixiviado produzido.

3.2 – Hidrogeologia

Em muitos problemas de contaminação associados à água subterrânea, inclusive de aterros sanitários, é importante estimar quanto tempo levará para que um poluente se desloque de um determinado ponto para outro no interior do aquífero. A hidrogeologia possibilita caracterizar as condições do aquífero, e, dessa forma, e conseqüentemente estimar a velocidade da água subterrânea no interior do aquífero.

Uma das maneiras de se obter a permeabilidade do aquífero é o teste do tipo Slug Test. Com esse teste, associado com o gradiente hidráulico local e porosidade efetiva do material geológico, obtém-se a velocidade da água subterrânea.

3.2.1 – Lei de Darcy

A lei de Darcy é uma lei empírica desenvolvida pelo engenheiro hidráulico Henry Darcy no ano de 1856 na cidade de Dijon, França. A lei consiste em obter e analisar o fluxo de água na areia (FREEZY; CHERRY, 1979). Segundo Fetter (2001) Darcy encontrou a razão do fluxo d'água no tubo, como ocorre na natureza, que é proporcional à diferença de altura da coluna d'água (entrada e saída), e inversamente

proporcional ao coeficiente K , o qual é dependente somente da característica do material onde a água irá percorrer.

Uma das aplicações da lei de Darcy é determinar o fluxo da água subterrânea numa certa região, pela condutividade hidráulica medida em laboratório ou, ao contrário, medindo a velocidade média do fluxo, determinar a condutividade hidráulica dos materiais (FETTER, 2001).

O experimento de Darcy baseou-se na medição da vazão de água (Q) com um cilindro preenchido por material arenoso, para diferentes gradientes hidráulicos. O fluxo de água para cada gradiente hidráulico foi calculado pela relação entre a vazão (Q) e a área (A) da seção do cilindro. Este fluxo foi definido como a vazão específica (q) do material (FETTER, 2001).

Figura 3.2.1.a – Tubo horizontal preenchido com areia para demonstrar a experiência de Darcy (FETTER, 2001).

A Figura 3.2.1.a ilustra um tubo horizontal cheio com areia. A água é introduzida sob pressão pela entrada “A”. A pressão nesse ponto pode ser observada por um fino tubo, como mostra a figura. O fluxo da água através do tubo é descarregado no ponto “B”. Outro tubo de menor diâmetro foi colocado nesse ponto para medir a pressão.

Darcy encontrou experimentalmente que a vazão, Q , é proporcional a diferença na altura da coluna d’água entre os pontos “A” e “B”, proporcional à área de seção do

tubo e inversamente proporcional ao comprimento do tubo L. Quando esses fatores são combinados com um constante, K, o resultado é a expressão conhecida como a lei de Darcy (Eq. 3.2.1.a).

$$Q = -KA \left(\frac{h_A - h_B}{L} \right) \quad (3.2.1.a)$$

Essa expressão pode ser dada como:

$$Q = -KA \frac{dh}{dL} \quad (3.2.1.b)$$

Onde;

Q = Vazão (volume/tempo);

K = condutividade hidráulica (distância/tempo);

A = área da seção do cilindro (distância ao quadrado);

dh/dL = gradiente hidráulico (distância);

A razão dh/dl é conhecida como gradiente hidráulico. O uso do sinal de negativo indica que o fluxo é no sentido hidráulicamente decrescente.

Considerando o q como a razão da vazão (Q) em relação à área do cilindro (A), temos:

$$q = -K \frac{dh}{dL} \quad (3.2.1.c)$$

Onde o q é conhecido como velocidade aparente, descarga específica ou velocidade de Darcy.

A condutividade hidráulica é função do meio poroso e das propriedades do fluido que atravessa.

Se isolarmos a condutividade hidráulica da Eq. 3.2.1.c, dessa forma temos:

$$K = \frac{-q}{\frac{dh}{dL}} \quad (3.2.1.d)$$

Na natureza, a condutividade hidráulica pode variar algumas ordens de grandeza. Na Tabela 3.2.1.a, estão alguns valores de condutividade hidráulica de sedimentos inconsolidados; o valor máximo de cascalho bem selecionado chega a -1 cm/s, e o menor valor, da argila é de 10^{-9} cm/s.

Tabela 3.2.1.a – Intervalo de Condutividade Hidráulica de sedimentos inconsolidados.

Condutividade Hidráulica dos Materiais	
Material	Condutividade Hidráulica (K) (cm/s)
Argila	10^{-9} - 10^{-6}
Silte, Silte arenosa, Areia argilosa	10^{-6} - 10^{-4}

Continua

Tabela 3.2.1.a – Intervalo de Condutividade Hidráulica de sedimentos inconsolidados.

Areia siltosa, Areia fina, Areia bem selecionada	$10^{-5} - 10^{-3}$
Cascalho bem selecionado	$10^{-2} - 1$

FETTER, 2001.

Para encontrar a velocidade com a qual a água subterrânea se move no aquífero, a descarga específica (q) é dividida pela porosidade específica (n_e). Utilizando a porosidade efetiva, somente consideramos os espaços vazios interconectados do material onde ocorre a passagem de água. Porosidade efetiva é representada pelo n_e .

$$V = \frac{q}{n_e} \quad (3.2.1.e)$$

Considerando a Equação 3.2.1.e, e substituindo o q da Equação 3.2.1.c teremos a Equação 3.2.1.f abaixo.

$$v = -K \frac{dh}{n_e dL} \quad (3.2.1.f)$$

3.2.2 – Poços de Monitoramento

Os poços de monitoramento são basicamente instalações construídas em perfurações no solo que atingem a água subterrânea, e têm a finalidade de observar o comportamento desta água além de auxiliar em situações onde haja contaminação no aquífero de forma prática e estratégica. Nessa execução podem ocorrer acidentes que contaminem o aquífero, e, para evitar tais fatos, é preciso que a construção siga algumas normas construtivas. Além disso, a localização da instalação dos poços de

monitoramento possui um papel muito importante no trabalho para caracterizar as condições do aquífero, especialmente em relação às condições químicas da água subterrânea. Os locais devem ser nas proximidades da área suspeita como fonte de contaminação, e de forma que seja possível detectar alguma alteração da água subterrânea em contato com material contaminante.

Esse trabalho foi baseado na Norma CETESB 6410 – Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas – 1988, atualizada em 1999, que fornece as informações sobre os procedimentos necessários para uma boa instalação de poços de monitoramento.

3.2.2.1 – Construção de Poços de Monitoramento

A Figura 3.2.2.1.a mostra os constituintes básicos de um poço de monitoramento. Os elementos presentes são:

- revestimento interno (tubo geomecânico);
- filtro;
- pré-filtro;
- proteção sanitária;
- tampão;
- sistema de proteção;
- selo;
- preenchimento;

- **Revestimento interno:** O revestimento interno são tubos encaixados no interior da perfuração e possui a finalidade de revestir as paredes do furo para impedir desmoronamentos e algum tipo de contaminação. O revestimento interno é utilizado acima do nível d'água, ou seja, na zona não saturada do aquífero. O material utilizado, geralmente são tubos de PVC geomecânico com diâmetros de 2 polegadas ou 4. Esse

material possui a vantagem de ser relativamente de baixo custo, fácil manuseio, baixa reatividade e boa resistência.

- **Filtro:** O filtro são tubos encaixados no interior da perfuração com ranhuras e possui a finalidade de permitir a entrada da água subterrânea, são instalados abaixo do revestimento interno, como demonstrado na Figura 3.2.b. Na Norma CETESB, 1999, o comprimento do filtro depende de vários fatores basicamente são:

- espessura saturada;
- geologia;
- gradiente hidráulico;
- propriedade físico-químico e concentração de poluente;

A espessura correta do filtro permite uma boa margem de oscilação em caso de rebaixamento do nível d'água em épocas de estiagem e, possibilita uma boa vazão em caso de coleta de amostras da água subterrânea.

Em poços onde a finalidade é somente observar o nível d'água pode-se utilizar manta geotextil para envolver o filtro, a manta evitará a entrada de partículas menores que podem provocar entupimento das ranhuras e provocar com o tempo inutilização do poço.

- **Pré-Filtro:** O pré-filtro são grãos de material inerte, geralmente grãos de quartzo de granulação média a grossa, possui a finalidade de preencher o espaço vazio entre furo do poço com o filtro e é um importante coadjuvante no bom funcionamento de um poço de monitoramento. Ele impede a entrada de materiais finos no poço de monitoramento, presente no aquífero que pode inutilizar o poço de monitoramento por entupimento do filtro ou excesso de sedimentos no fundo. Para a boa funcionalidade do pré-filtro é importante que os grãos sejam bem assentados, no momento da instalação do poço de monitoramento.

- **Proteção Sanitária:** Proteção sanitária é o conjunto de obras no poço de monitoramento que tem a função de evitar que o poço seja destruído e que a água superficial alcance a água subterrânea alterando a sua característica natural. As obras que compõem a proteção sanitária são o selo sanitário e caixa de proteção.

Selo sanitário é uma camada impermeável entre o tubo de revestimento e o furo do poço e deve estar acima da superfície do solo por volta de trinta centímetros, e que penetra aproximadamente meio metro de profundidade no furo. O material geralmente utilizado é o concreto.

Caixa de proteção é uma pequena obra, geralmente de alvenaria, que tem a finalidade de proteger o poço de monitoramento. Em lugares sem vigilância é recomendada a utilização de trancas e cadeados para evitar o acesso de estranhos para possíveis vandalismos.

- **Selo:** Selo é uma camada, localizado entre o furo do poço e o tubo de revestimento, que separa o pré-filtro do material de preenchimento. A sua finalidade é isolar o espaço entre o furo do poço e o tubo de revestimento a possíveis infiltrações de água superficial pela perfuração. Outra finalidade importante é isolar uma determinada camada do aquífero. O material utilizado geralmente é bentonita, um material inerte que não altera a qualidade da água subterrânea e possui baixa permeabilidade.

- **Tampão:** Tampão é uma peça que tem a finalidade de vedar as extremidades do tubo do poço de monitoramento. Existem dois tipos de tampões, do fundo do tubo e da boca do tubo. Tubos geomecânicos possuem tampões de fundo em diâmetros adequados e funciona no sistema de rosqueamento. O tampão da boca do furo deve ser removível, uma vez que para analisar as condições do aquífero essa tampa será retirada para o acesso ao poço, e ela deve ser isolante que tenha a função de proteger a entrada do poço para eventuais contaminações.

- **Preenchimento:** O preenchimento é o material que preenche o furo entre a parede do furo e o tubo de revestimento. Na maioria dos casos de construção de poços de monitoramento é utilizado o solo proveniente da sua perfuração. O seu papel é dar sustentação quanto à estabilidade do tubo de revestimento dentro do furo e ajudar a impedir que a água superficial atinja a água subterrânea.

Figura 3.2.2.1.a – Esquema construtivo de um poço de monitoramento, sem escala.

3.2.2.2 – Poço de Montante

Poço de montante é um poço de monitoramento à montante em relação ao fluxo da água subterrânea do suposto local onde haja material contaminante. Esse tipo de poço é muito importante para indicar a qualidade da água subterrânea antes do contato com o material contaminante, funcionando como um guia das características da água subterrânea local em condição natural. Como a sua principal função é como guia da água subterrânea local sem alterações, geralmente um poço é o suficiente.

3.2.2.3 – Poço de Jusante

Poço de jusante é um poço de monitoramento localizado a jusante em relação ao fluxo da água subterrânea do suposto local onde o material contaminante se encontra. Os poços de jusante normalmente são instalados em número maior do que três, e são alocados estrategicamente para interceptar e demarcar a pluma de contaminação. Quanto maior o número de poços de jusante utilizados, maior a certeza na sua caracterização das condições reais do aquífero.

Como os poços de jusante são instalados posicionados transversalmente ao fluxo da água subterrânea, antes da sua instalação é importante que se conheça a direção do fluxo, por isso torna-se fundamental um cuidado especial na etapa de escolha dos locais da instalação dos poços de monitoramento no trabalho da caracterização de contaminações da água subterrânea.

3.2.5 – Ensaio de Condutividade Hidráulica

Os ensaios de condutividade são métodos utilizados para se obter as características do aquífero. São métodos laboratoriais ou de campo em que o material geológico é submetido a uma série de testes, e com essas respostas se obtém as informações necessárias referentes ao aquífero. É importante que esses testes sejam

representativos, ou seja, a amostra utilizada para os testes represente as características do aquífero.

Segundo Pede (2004), as informações dos valores da condutividade hidráulica e da sua variação espacial são de fundamental importância para o entendimento de um aquífero, e, conseqüentemente, para o planejamento de ações interventivas em situação de contaminação.

Os ensaios realizados no campo ou “*in situ*” tem a vantagem de fornecer valores da condutividade hidráulica na sua condição natural. Os métodos mais utilizados, para investigações de meios saturados, são os testes de bombeamento e o slug test. O teste de bombeamento consiste na retirada de água de um determinado poço e na análise do comportamento de recuperação. O slug test será mais detalhado a seguir.

3.2.5.1 – Slug Test

A determinação da condutividade hidráulica *in situ* realizada por slug test é um método rápido e barato se comparado a um teste de bombeamento. Este teste foi desenvolvido por Hvorslev (1951) (apud OLIVEIRA, 1992), que utiliza a variação instantânea de nível d’água no piezômetro. Para tanto, o aquífero deve ser assumido como homogêneo, isotrópico e infinito, no qual água e aquífero são incompressíveis.

A execução do slug test consiste em alterar o nível de água e observar a sua recuperação para obter informações sobre o comportamento do aquífero; a alteração do nível d’água pode ser dada por meio da introdução ou retirada de um cilindro sólido dentro de um poço de monitoramento. Outro modo de realizar o teste é retirar uma determinada quantidade de água para provocar o rebaixamento do nível d’água no poço de monitoramento. Juntamente com as condições construtivas do poço, tais como a profundidade, diâmetro do furo e do poço, extensão do pré-filtro e do filtro, somados à recuperação do nível d’água ao longo do tempo é possível, com a utilização de método de análise matemática, obter a condutividade hidráulica.

Nos dias atuais, o método slug test tem se tornado uma importante ferramenta para obter a condutividade hidráulica de um determinado aquífero. O aumento da sua utilização está relacionado ao método ser prático e barato. Pede, 2004, enumera as vantagens desse método. Segundo o autor as vantagens são:

- fácil execução;
- baixo custo quanto ao uso de mão de obra e valor de equipamentos;
- Pode ser realizado por uma única pessoa;
- Permite a determinação da variação espacial da condutividade hidráulica, em uma mesma área, através da realização de vários testes em diferentes poços de monitoramento;
- Possibilita obter a variação vertical e horizontal dos valores de condutividade hidráulica;
- Permite a determinação da condutividade hidráulica de uma porção discreta do meio saturado como, por exemplo, uma camada de areia pouco espessa inserida em um pacote argiloso.

Pede, 2004, também cita algumas desvantagens relacionadas ao uso do método slug test, uma delas é a extrema dependência dos ensaios em relação ao grau de desenvolvimento dos poços de monitoramento. Na perfuração de poços de monitoramento, geralmente é utilizado o trado manual e, durante o giro do trado e no processo de retirada do solo do furo, o material argiloso e siltoso úmido tende a aderir sobre a parede do furo e funciona como uma superfície de argamassa que recobre a parede do furo. Essa alteração da parede do furo diminui a condutividade real e é mal interpretadas pelo slug test que fornece uma informação com a condutividade menor do que realmente é.

Outro processo que provoca erros na obtenção da condutividade hidráulica são as reações bioquímicas. Essas reações se iniciam logo após a instalação do poço de monitoramento e podem acarretar na obstrução dos filtros e do pré-filtro. Como no caso

anterior, a reação bioquímica também altera a condutividade hidráulica real do aquífero obtido no slug test, fornecendo informações da condutividade menores do que o aquífero realmente possui (PEDE, 2004).

3.2.5.2 – Cálculo da Condutividade Hidráulica

No método Hvorslev são utilizados a geometria do poço e o tempo de recuperação do aquífero. De modo resumido a equação para o cálculo da condutividade hidráulica está representado abaixo:

$$K = \frac{r_c^2 \ln(L_e/R)}{2L_e T_0} \quad (3.2.5.2.a)$$

Onde:

K – condutividade hidráulica;

r_c – raio do tubo;

L_e – comprimento do filtro;

R – raio do furo/poço;

T_0 – tempo de recuperação onde o NA alterado alcance 63% do NA inicial;

Existem algumas premissas para uma boa utilização desse método que foram apresentadas por Oliveira (1992). As premissas são:

- Aquífero ser Homogêneo;
- Aquífero ser Isotrópico;
- Aquífero ser infinito;
- Aquífero ser incompreensível;
- O comprimento do tubo do poço deve ser pelo menos oito vezes maior em relação ao seu diâmetro;

- O fim do teste só pode ocorrer quando a recuperação do nível d'água atingir 10% da diferença máxima alcançada entre o nível antes da alteração e o nível alterado;

As premissas apresentadas por Pede (2004) são:

- resposta não oscilatória do nível d'água durante os ensaios em aquíferos
- regime de fluxo do aquífero estacionário;
- o aquífero e a água incompressíveis;
- variação do armazenamento nula;
- poços totalmente penetrantes;
- comprimento do filtro oito vezes maior do que o raio do poço;

3.2.6 – Amostragem da Água Subterrânea

A amostragem da água subterrânea é um procedimento muito importante, e requer um certo nível de atenção na sua realização. A amostra da água precisa representar todo o aquífero, e, em caso de algum erro de procedimento, pode ocorrer uma interpretação errada comprometendo toda a interpretação do aquífero. De forma geral, os riscos de erros mais evidentes são a contaminação da amostra, aeração e erros de análises ou de leitura.

O procedimento para a coleta de amostra de água subterrânea segue a seqüência a seguir:

- medição do nível d'água no poço de monitoramento;
- esgotamento do poço;
- retirada de amostra de água subterrânea;
- leitura de parâmetros "*in situ*";
- escolha de frascos adequados para cada tipo de análises;
- coleta de amostra;

- preservação das amostras;

3.2.6.1 – Medição do Nível D'água

A medição do nível d'água precisa ser realizada antes da coleta de amostras, uma vez que ela fornece informações para determinar o fluxo da água subterrânea. A retirada de amostra altera o nível d'água no poço de monitoramento e conseqüentemente pode modificar a interpretação do fluxo da água subterrânea.

3.2.6.2 – Esgotamento/ Purga do Poço

O procedimento conhecido como esgotamento do poço consiste em retirar a água que se encontra no poço de monitoramento. Esse procedimento é necessário, uma vez que a água presente no poço pode ser estagnada e não representar a água do aquífero. Com o esgotamento espera-se que a água no interior do poço se renove com a água com as características do aquífero. Normalmente o esgotamento é realizado com amostrador/ bailer ou bomba submersa.

A quantidade da água retirada depende das características do aquífero. Em aquíferos com boa recarga esgota-se a quantidade de 3 vezes o volume do poço somado com o volume do pré-filtro. Em caso de aquífero de baixa vazão, esgota-se o poço completamente apenas uma vez (CETESB, 1999).

3.2.6.3 – Retirada de amostra de água subterrânea

Para diminuir o risco de contaminação cruzada de um poço de monitoramento contaminado para outro não contaminado é recomendado que se executem alguns procedimentos. A seqüência de coleta em caso onde já é sabido que exista presença de contaminante é do poço de monitoramento menos contaminado para o mais contaminado. Assim, o manuseio do material contaminado pelo executor da coleta

ocorre somente no final do trabalho. Também deve-se tomar o devido cuidado para que todo instrumento não descartável seja corretamente higienizado.

3.2.6.4 – Leituras de parâmetros “in situ”

Quando é retirada a amostra de água subterrânea é recomendado que, primeiramente, sejam realizadas as medições dos parâmetros de pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade (CETESB, 1999). Geralmente, os equipamentos de medição são portáteis e as medições são realizadas imediatamente após a retirada da amostra da água subterrânea do poço de monitoramento.

3.2.6.5 – Escolha de Frascos Adequados para Análises

A escolha do frasco para armazenar a coleta de água subterrânea é importante para que as propriedades químicas do frasco não alterem a característica original da água subterrânea coletada do aquífero. Por exemplo, frascos de vidro, que contêm metais na sua composição, não devem ser utilizados para armazenamento de amostras para análises de metais, os frascos adequados para essas amostras são os frascos de polietileno, esses frascos não contêm metais na sua composição e não comprometem a qualidade da amostra. Já para as amostras orgânicas, não se pode utilizar o frasco de polietileno, o mais adequado nessa situação é utilizar frascos de vidro.

3.2.6.6 – Coleta de amostra

A coleta de amostras merece uma atenção especial na sua execução. Nessa fase, exige-se cuidados para que o equipamento de coleta da água subterrânea não cause a turbidez pelos sedimentos depositados no fundo do poço de monitoramento. Outro cuidado necessário é no momento de transferir a amostra de água para o frasco de armazenamento evitando, assim, que a amostra sofra aeração e altere as características originais. Como em outros casos, são necessários cuidados para evitar

qualquer tipo de contaminação, por parte do operador, tanto provocado pelo manuseio indevido quanto por falta de higienização dos equipamentos.

3.2.6.7 – Preservação das Amostras

A preservação de amostras é importante, pois vários parâmetros químicos são instáveis e podem se alterar após a retirada do aquífero. Para evitar essa alteração, é preciso alguns procedimentos para manter as suas características originais por mais tempo. O metal dissolvido presente na água subterrânea após a coleta pode precipitar em contato com o oxigênio do ar. Essas alterações podem modificar o resultado analítico e desvirtuar a interpretação das condições reais da água subterrânea do aquífero.

Os procedimentos para a preservação de amostras são a refrigeração a 4° C, filtração, adição de HCl, HNO₃ e H₂SO₄ até que a amostra fique com o pH <2. O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, capítulo 6410 da CETESB, 1999, apresenta, mais detalhadamente, a preservação adequada dos parâmetros.

3.3 – Resíduos Sólidos

Segundo a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2004, (NBR 10004):

Resíduos Sólidos são resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou

corpo de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Existem alguns critérios de classificação para os resíduos sólidos, tais como: sua natureza (seco ou molhado), composição química (orgânico, inorgânico), riscos potenciais ao meio ambiente, e segundo a sua origem.

3.3.1 – Risco Ambiental

A classificação NBR, 10004, é dividida em três categorias levando em consideração o potencial de risco: classe I, classe II A e classe II B.

- **Resíduos classe I** (Perigosos) são “resíduos sólidos que apresentam um grau de periculosidade, tais como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade”.
- **Resíduos classe II A** (Não Inertes) São “os *não inertes* podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água”.
- **Resíduos classe II B** (Inertes) são aqueles que “não tiveram nenhum dos seus constituintes solubilizados superiores a concentrações dos padrões de potabilidade de água, quando em contato com a água destilada ou desionizada”

3.3.2 – Origem

No Trabalho do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 2000, o resíduo sólido foi classificado segundo a sua origem e foi dividido em: domiciliar, comercial, público, serviço de saúde e hospitalar, portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários, industrial, agrícola e entulho, conforme descritos a seguir:

- **Domiciliar:** Aquele originado na vida diária das residências, constituídos por restos de alimentos (cascas de frutas, verduras, sobras, etc.), produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens.
- **Comercial:** Aquele originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes, etc. Os resíduos destes locais têm grande quantidade de papel, plástico, embalagens diversas e resíduos de asseio dos funcionários, tais como papel-toalha, papel higiênico, etc.
- **Público:** Aquele originado dos serviços de limpeza pública urbana e limpeza de áreas de feiras livres. Os resíduos de limpeza pública são produtos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, limpeza de galerias, córregos e terrenos, restos de podas de árvores, corpo de animais, etc. Resíduos da limpeza de feiras livres são constituídos por restos de vegetais diversos, embalagens, etc.
- **Serviço de saúde e hospitalar:** Constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contem ou potencialmente podem conter germes patogênicos, oriundos de locais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc. Tratam-se de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédio com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raio-X,. Mas muitos resíduos dessa categoria são descartados como resíduos domiciliares. Para ter uma estimativa da quantidade desses materiais descartada como domiciliar, Cussiol *et al* (2006) quantificaram os resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos domiciliares da regional sul de Belo Horizonte, MG, e chegaram a conclusão de que 5,5% em peso do material coletado foi caracterizado como potencialmente contaminante pertencente à classificação de serviço de saúde e hospitalar.

- **Portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários:** Constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contem ou potencialmente podem conter germes patogênicos, produzidos nos portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Basicamente, constituem-se de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.
- **Industrial:** Aquele originado nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como metalúrgica, química, petroquímica, papelaria, alimentícias, etc. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas, etc. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria dos resíduos considerados tóxicos (Classe I).
- **Agrícola:** Incluem embalagens de fertilizantes e de defensivos agrícolas, rações, restos de colheita, etc. Em várias regiões do mundo, estes resíduos já constituem uma preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal geradas nas fazendas de pecuária intensiva. As embalagens de agroquímicos, geralmente altamente tóxicos, tem sido alvo de legislação específica quanto aos cuidados na sua destinação final. A tendência mundial, neste particular é para a co-responsabilização da indústria fabricante nesta tarefa.
- **Entulho:** Resíduos de construção civil, composto por materiais de demolições, restos de obras, solos de escavações diversas, etc. O entulho é geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento, porém, geralmente contém uma vasta gama de materiais que podem lhe conferir toxicidade, com destaque para os restos de tintas e de solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser remobilizados caso o material não seja disposto adequadamente.

Assis (2002) seguiu uma classificação diferente em relação ao IPT/CEMPRE, 2000. No trabalho desse autor, os resíduos sólidos urbanos foram divididos em resíduos sólidos domiciliares, resíduos de construção e demolição e resíduos de serviços de saúde. Mudou os termos, classificação entulho do IPT/CEMPRE para resíduos de construção e demolição e, resíduos de serviço de saúde e hospitalar para resíduos de serviços de saúde.

A produção de resíduos sólidos está diretamente ligada à densidade populacional e atividades produtivas de uma determinada região. No caso do Brasil, devido ao seu imenso território e disparidades regionais, a quantidade e tipos de resíduos produzidos variam muito conforme as características da região.

Em regiões com alta densidade demográfica e nível de renda alto, a característica dos resíduos sólidos urbanos é de alto teor de embalagens. Já em regiões de baixa densidade demográfica e baixo nível de renda, predominam principalmente restos de alimentos. Em situações onde a densidade demográfica é alta, mas com baixo nível de renda, os resíduos sólidos apresentam teor médio de embalagens e altos teores de restos de alimentos (IPT/CEMPRE, 2000).

No trabalho em parceria entre Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SVMA) e IPT (2004) destacam-se as diferenças na produção de resíduos sólidos nas regiões do município de São Paulo. As áreas da cidade que possuem grandes diferenças sociais e econômicas refletem a quantidade de resíduos produzidos. Nas regiões que apresentam melhores condições sócio-econômicas, a quantidade média de resíduo produzido por indivíduo é maior em relação a regiões menos favorecidas. (Figura 3.3.2.a)

Figura 3.3.2.a – Mapa da cidade de São Paulo dividido em administrações regionais com diferentes produções diárias de resíduos sólidos, as informações são referentes do ano de 2001, (SVMA/IPT, 2004).

Uma estimativa realizada no município de São Paulo, entre os anos de 1927 e 1998, mostra a variação na composição dos resíduos (Tabela – 3.3.2.a). No ano de 1927, o papel e o papelão representavam 13,4% dos resíduos e a matéria orgânica 82,5%. No ano de 1998, o papel e papelão tinham 18,8% do total, enquanto a matéria orgânica tinha 69,5%. No ano de 1969 o plástico classifica-se como resíduo sólido, inicialmente com 1,9%, valor que aumentou consideravelmente com passar dos anos, chegando a 22,9% em 1998. (IPT/CEMPRE, 2000).

Tabela 3.3.2.a – Variação na composição dos resíduos na cidade de São Paulo ao longo dos anos de 1927 a 1998.

(%)	1927	1947	1965	1969	1972	1989	1990	1993	1998
Matéria Orgânica	82.5	76	76	52.2	47.6	55	47.4	64.43	69.5
Papel e Papelão	13.4	16.7	16.8	29.2	25.9	17	29.6	14.43	18.8
Plástico	-	-	-	1.9	4.3	7.5	9	12.08	22.9
Vidro	0.9	1.4	1.5	2.6	2.1	1.5	4.2	1.1	1.5
Metal e Lata	1.7	2.2	2.2	7.8	4.2	3.25	5.3	3.24	3
Trapo e Couro	1.5	2.7	3.1	3.8	4.3	-	3	4.52	3

Fonte: IPT/CEMPRE, 2000.

3.4 - Métodos de Disposição Final de Resíduos Sólidos

Os métodos mais comuns de disposição final de resíduos são: lixão, aterro controlado, incineração e aterro sanitário. Atualmente, as administrações públicas estimulam a reciclagem de resíduos sólidos municipais, visando diminuir da quantidade destes em aterros, mas a maior parte desta produção ainda não é reaproveitada e tem como disposição final aterros e lixões.

Qasin e Chiang (1994) comentam sobre o programa norte-americano recomendado a municípios com problemas de produção de resíduos. Ele é dividido em quatro níveis hierárquicos de gerenciamento: a redução do consumo, a reciclagem, a combustão de resíduo – o que reduz o volume de resíduo e o converte em energia – e, como ultima opção, o aterro sanitário. Como no Brasil a preocupação com os resíduos gerados ainda é muito recente e a sociedade ainda não se mobilizou para essa questão, as primeiras etapas de hierarquia são praticamente ignoradas, chegando diretamente na última, a disposição final.

3.4.1 – Lixão

O lixão é a forma de disposição final de resíduos sólidos sem nenhum controle. Nesta prática muito comum nos dias atuais, os resíduos são simplesmente despejados em terrenos baldios, beiras de estradas, drenagens, etc.

Muitos problemas são associados com esse tipo de disposição. O abandono dos resíduos diretamente sobre a camada de solo contamina o terreno e contamina a água subterrânea pelo lixiviado. Resíduos hospitalares e de saúde pública e materiais tóxicos agravam ainda mais o risco desse tipo de disposição.

Além dos problemas da água subterrânea e da contaminação do solo, a exposição dos resíduos com a atmosfera permitem que o odor produzido pelo material se espalhe pela área, provocando incômodo à população próxima. Fatores patogênicos podem ser espalhados tanto com materiais leves dos lixões que podem ser carregados pelo vento e por animais como cachorros, ratos, urubus, baratas. No caso dos lixões, outro problema que merece atenção é que ele atrai pessoas que fazem da coleta de materiais a sua sobrevivência.

3.4.2 - Aterro Controlado

O aterro controlado pode ser considerado um método de disposição intermediário entre o lixão e o aterro sanitário. Sua instalação é feita em áreas selecionadas, onde são escavadas valas que, após a deposição, são cobertas com solo. No aterro controlado existe a preocupação em minimizar o impacto causado por esse tipo de atividade, pois a cobertura após a deposição de resíduos diminui o problema da presença de animais, de odor e espalhamento de resíduos pelo vento.

Porém, como no caso do lixão, não há o controle dos resíduos que serão depositados, com isso, é possível que materiais indevidos sejam depositados,

transformando o aterro em uma fonte de contaminação. Por não possuir mecanismos de impermeabilização dos resíduos com o solo abaixo, o lixiviado entra em contato direto com o solo e pode infiltrar até alcançar a água subterrânea espalhando-se levado pelo seu fluxo.

Como no aterro controlado não existe impermeabilização, o local para a sua instalação deve possuir uma camada espessa de solo. A argila presente no solo possui características hidrogeológicas de baixa condutividade, além de funcionar como filtro natural para o lixiviado, devido à baixa velocidade, como o lixiviado atravessa a camada de solo, possibilita que esse líquido tenha o devido tempo para ser depurado.

3.4.3 - Aterro Sanitário

Em relação ao controle ambiental, o aterro sanitário é, dentre os métodos de disposição final de resíduos apresentados, o de maior controle.

Segundo NBR – 8419 (1992), o aterro sanitário é:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-lo ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Na fase construtiva do aterro sanitário, é realizada a impermeabilização da base com solo argiloso e membranas geomecânicas. Dessa forma, evita-se o contato do lixiviado com o solo e a eventual contaminação da água subterrânea. Segundo IPT/CEMPRE (2000), é necessário que o sistema de impermeabilização de base do aterro sanitário possua:

- Estanqueidade;

- Durabilidade;
- Resistência mecânica;
- Resistência a intempéries;
- Compatibilidade físico-químico-biológica com os resíduos a serem aterrados e seus lixiviados.

Na fase construtiva, são implantados os dispositivos para a captação e drenagem do líquido resultante da decomposição dos resíduos. Esse líquido é escoado para os receptores evitando que este se acumule no interior do aterro.

Na fase de operação, a deposição dos resíduos deve ser feita seguindo critérios técnicos definidos: dispor os resíduos em camadas e compactá-los com maquinários (tratores) visando a diminuição do volume ocupado e aproveitando melhor a capacidade de armazenamento do aterro.

Após a disposição, é executada a cobertura dos resíduos com a camada de solo. A cobertura tem o papel de reduzir a produção de lixiviado, pois dificulta que a água de origem meteórica alcance os resíduos. Outro objetivo é evitar que o vento espalhe os resíduos e, com eles, vetores de doenças. Em alguns aterros sanitários de grande porte, devido ao ritmo de trabalho em turnos ininterruptos, a cobertura só é realizada quando a área de disposição alcança o seu limite.

O Impacto visual na fase de operação é normalmente amenizado com a construção de cercas vivas, que possuem a finalidade de ocultar a operação do aterro. Após a sua desativação, é realizado um projeto paisagístico para sua reutilização com outras finalidades além da disposição de resíduos. Alguns exemplos de ocupação de antigos aterros sanitários: parques, áreas de práticas esportivas e lazer.

3.5 - Lixiviado

O lixiviado é um líquido de cor escura, turva e de odor desagradável. Ele é formado pela mistura entre o chorume e as águas que entram no aterro. O chorume é originado na digestão da matéria orgânica pelas enzimas produzidas pela atividade microbiológicas presentes no aterro. A água que entra em contato com os resíduos é formada basicamente pela água meteórica.

Bagchi (1994) define o percolato como líquido produzido quando a água, ou outro líquido, entra em contato com o resíduo, sendo então um líquido que contém materiais contaminantes dissolvidos e em suspensão. No trabalho de Tandel (1998), considera-se o percolato como o líquido presente no aterro tendo o chorume como parte constituinte. As definições de lixiviado, percolato e chorume não são unânimes nos trabalhos sobre o assunto e muitos consideram estes três termos como sinônimos.

Nesse trabalho foram utilizadas as seguintes definições: chorume como o líquido da decomposição direta dos resíduos e o lixiviado como o líquido formado no aterro, resultado da decomposição dos resíduos, da água subterrânea e meteórica que infiltram no aterro. O termo percolato como sinônimo de lixiviado não foi utilizado nesse trabalho.

O lixiviado é um fator preocupante em aterros sanitários, pois, além de ser formado em volumes consideráveis, precisa ser tratado para não causar danos ao meio ambiente. Morais *et al.* (2005) define o tratamento biológico como o mais utilizado no Brasil. Porém, outros métodos como o físico-químico de coagulação/ floaculação, oxidação e fotocatalítico heterogêneo também podem ser considerados para degradar o lixiviado proveniente de aterros sanitários.

O lixiviado merece uma atenção especial porque é o mais importante fator de risco de contaminação em aterros sanitários. Segundo o IPT/CEMPRE (2000), “a geração do lixiviado e seu escoamento, sem que receba o tratamento e disposição

adequada, são, sem dúvida nenhuma, um dos problemas ambientais e de saúde pública mais relevantes associados aos resíduos sólidos”. Devido a este importante papel do lixiviado, na fase de planejamento e projeto de implantação de um aterro sanitário, é indispensável uma pesquisa para prever como será o comportamento em caso de acidentes envolvendo esse líquido.

3.5.1 - Composição do Lixiviado

O lixiviado é um líquido com características complexas e sua composição varia consideravelmente, tanto no interior do aterro quanto de um aterro para outro. No interior do aterro, os resíduos sólidos sofrem mudanças biológicas, físicas e químicas simultaneamente, interferindo uma sobre as outras.

No trabalho de Qasin e Chiang (1994) considera-se que os fatores que afetam na composição do lixiviado são: a composição dos resíduos, grau de compactação, quantidade de umidade, presença de materiais inibidores de atividade microbológica, razão de movimento da água e temperatura.

Segundo Rodrigues (2002) um dos principais fatores que influenciam na composição do lixiviado é o tipo de resíduos depositado no aterro. Os resíduos municipais possuem uma quantidade muito grande de matéria orgânica, que são fontes de elementos químicos tais como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- e CO_3^{2-} . Descarte de pilhas, baterias, objetos metálicos e materiais eletrônicos são fontes de metais. (Tabela 3.5.1.a).

Tabela 3.5.1.a – Principais fontes de elementos químicos nos resíduos municipais

Íons	Principais Fontes
Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}	Matéria orgânica, entulho de construção.
PO_4^{3-} , NO_3^- e CO_3^{2-}	Matéria orgânica
Cl^- ,	Matéria orgânica e tubo de PVC
Br^- e Ag^+	Negativos de filmes e raios X
Al^{3+}	Objetos metálicos que contêm alumínio e alguns cosméticos
Cd^{2+}	Ligas metálicas, baterias, pilhas alcalinas, tintas e pigmentos.
Cr^{x+}	Ligas metálicas, solventes, peças cromadas, vidros esverdeados.
Fe^{2+}	Peças metálicas, material eletrônico.
Hg^{2+}	Pilhas, baterias de relógios, lâmpadas fluorescentes e termômetros.
Mn^{2+}	Pilhas, lâmpadas fluorescentes, tintas, pigmentos e ligas metálicas.
Ni^{2+}	Ligas metálicas, peças revestidas, baterias e pilhas alcalinas.
Pb^{2+}	Baterias de automóveis, baterias recarregáveis, tintas, pigmentos.
Sn^{2+}	Material eletrônico, latas e tampas de garrafas.
Zn^{2+}	Ligas metálicas, peças galvanizadas, tintas e pilhas comuns.

Rodrigues, 2002.

Outro fator de grande importância na composição do lixiviado é a quantidade de umidade. Os microorganismos existentes nos aterros, responsáveis pela degradação dos resíduos, necessitam de umidade. A quantidade de microorganismos é proporcional ao teor de umidade do aterro, ou seja, quanto maior a quantidade de água, maior a atividade microbiológica, o que influencia na degradação dos resíduos. Mas, o alto teor de umidade diminui o grau de compactação dos resíduos armazenados, o que diminui a capacidade de armazenamento e conseqüentemente a vida útil do aterro.

O papel da umidade é tão importante na decomposição da matéria orgânica que, sem a sua presença, nenhum ou muito pouco chorume é produzido. No resíduo, há uma pequena quantidade de umidade e é com ela que é produzido o chorume antes da saturação dos resíduos com a água proveniente de fontes externas (QASIN; CHIANG, 1994).

A quantidade de umidade depende de alguns fatores. Tandel (1998) indica esses fatores como: a composição do resíduo, as condições climáticas e as práticas de coleta. Em geral, o teor médio de umidade nos aterros de resíduos sólidos municipais é de 60%. O trabalho de Ezaki (2004) cita que esse valor pode chegar a 75% em épocas de maior pluviosidade.

3.5.2 - Processo de Formação do Lixiviado

O processo de decomposição de matéria orgânica, principal responsável pela produção de lixiviado em aterros sanitários, foi dividido em: Fase Aeróbia, 1º Estágio - Fase Anaeróbia e 2º Estágio - Degradação Anaeróbia (EZAKI, 2004) (Figura 3.5.2.a).

Na Fase Aeróbia, predomina a decomposição aeróbica. Este estágio geralmente é muito curto, por causa da quantidade limitada de oxigênio no interior do aterro após a deposição. Durante essa fase, uma grande quantidade de calor é produzida, o chorume produzido durante essa fase irá dissolver os sais altamente solúveis na água, tais como NaCl e devido a falta de oxigênio, o chorume terá baixo potencial redox (DEUTCH, 1997). Como o oxigênio não pode ser fornecido, a primeira fase não tem como se manter por longo tempo e termina rapidamente, entrando no segundo estágio (KEHEW, 2001).

Geralmente na segunda fase, já com o oxigênio esgotado, a decomposição da matéria orgânica predominante é provocada por organismos anaeróbicos facultativos. Durante essa fase, grande quantidade de ácidos graxos voláteis, como ácido acético e

dióxido de carbono são produzidos. Esses ácidos reduzem o pH para valores entre 4 e 5. O baixo pH ajuda a solubilizar materiais inorgânicos (QASIN; CHIANG, 1994).

Na reação a seguir (Eq. 3.5.2.a), o hidrocarboneto (CH_2O) representa todos os diferentes tipos potenciais de matéria orgânica no aterro. Outros compostos orgânicos podem utilizar mais ou menos oxigênio, mas o resultado final será da forma inorgânica de carbono na forma de dióxido de carbono (CO_2), representado na equação. Essa reação mostra o consumo da matéria orgânica e do oxigênio para produzir CO_2 (Deutch, 1997).

No último estágio (2^o Estágio – Degradação Anaeróbica) a concentração de ácidos voláteis começa a cair, pela sua conversão para gás carbônico e metano. Com a diminuição da concentração dos ácidos voláteis o pH aumenta e cria condição ideal para as bactérias metanogênicas. Dessa forma, a concentração de ácidos voláteis é reduzida a baixos níveis e a composição no interior do aterro se torna predominantemente uma mistura de dióxido de carbono e metano (QASIN; CHIANG, 1994).

Figura 3.5.2.a – Gráfico representando os estágios de decomposição dos resíduos sólidos de origem municipal (Ezaki, 2004).

3.6 – Contaminação por Lixiviado

A disposição de resíduos sólidos municipais foi um dos primeiros assuntos que despertou a preocupação sobre a contaminação da água subterrânea. Antes da década de 60, resíduos sólidos municipais e industriais eram largamente enterrados sem a mínima preocupação referente à hidrogeologia local. Aterros sofreram grandes mudanças referentes a projetos e modos de administração desde essa época até os dias atuais. Hoje, antes da instalação de um aterro sanitário, as áreas são investigadas e fatores hidrogeológicos são um componente importante para a seleção do local de implantação de um aterro sanitário.

Os projetos de aterro sanitários para resíduos municipais não perigosos incluem: sistema de impermeabilização, linhas múltiplas de drenagem, e coleta de lixiviado para tratamento. Essas obras são importantes para que esse líquido não entre em contato com a água subterrânea. Países desenvolvidos enfrentam atualmente sérios problemas ambientais, como a recuperação de áreas contaminadas, que são reflexos da falta de preocupação no passado. Por não utilizarem tais tecnologias, países em desenvolvimento certamente encontrarão os mesmos problemas com a água subterrânea no futuro (KEHEW, 2001).

Em aterros sanitários, um dos fatores agravantes é que os contaminantes presentes cobrem uma larga faixa de elementos orgânicos e inorgânicos, devido a grande variedade de resíduos presente no aterro. Em caso de contaminação, há uma diferença de origem entre elementos orgânicos e inorgânicos encontrados na água subterrânea. Os orgânicos são derivados dos resíduos orgânicos presentes no aterro, entretanto, muito dos componentes inorgânicos podem vir além dos resíduos dispostos no aterro, pois sua origem pode ser a interação do lixiviado do aterro com o material presente no solo abaixo do aterro (DEUTSCH, 1997).

Outro agravante é que, apesar da proibição de resíduos perigosos (Classe I) em aterros sanitários para resíduos sólidos municipais, alguns elementos químicos tóxicos ou perigosos são encontrados em lixiviados de aterros. Isso ocorre pela prática de disposição irregular antes da instalação do aterro sanitário ou pela ineficiência na avaliação para a seleção dos resíduos dispostos no aterro (KEHEW, 2001). Esses elementos de alta toxicidade são um sério problema relacionado à contaminação pelos aterros sanitários tornando-se fundamental o controle ambiental no gerenciamento de resíduos sólidos.

Em caso de contaminação do lixiviado proveniente de um aterro sanitário municipal, o contato deste líquido com a água subterrânea obedece principalmente às reações de óxido-redução, pois seu principal constituinte é matéria orgânica, cuja decomposição torna o líquido muito pobre em oxigênio.

Reações redox possuem grande importância na hidrogeologia. Um exemplo é que a presença de ferro livre na água subterrânea certamente implica em um ambiente redutor, ou seja, há uma falta de oxigênio disponível no ambiente para que o ferro possa reagir e formar o óxido de ferro. Contudo, essa regra é diferente se o ambiente contém nitrato. A condição redox, direta ou indiretamente, controla a mobilidade de muitos elementos, tais como o ferro e manganês. Por convenção, a oxidação é a perda de elétrons, o que implica num aumento do número associado à carga de um elemento num íon ou numa molécula (CARVALHO, 1995). Sobre essa convenção, a redução é o ganho de elétrons.

Na Figura 3.6.a é demonstrado, esquematicamente, as reações simplificadas de um aterro sanitário típico. A matéria orgânica do aterro utiliza o oxigênio no processo de decomposição e, nessas reações, toda quantidade disponível no ambiente é utilizada. Devido à escassez de oxigênio, o ambiente se torna redutor, o ferro e manganês precipitados na forma de minerais óxidos/ hidróxidos se dissolvem, aumentando a concentração destes elementos na água (Fe , $\text{Mn} > 10 \text{ mg/L}$). E também, o pH diminui

devido à elevada quantidade de ácidos formados na fase anaeróbica (DEUTSCH, 1997).

Figura 3.6.a – Processos físico-químicos em um aterro sanitário (DEUTSCH, 1997).

A Figura 3.6.b, mostra a concentração dos metais Fe e Mn dissolvidos encontrada nos poços de monitoramento à montante e à jusante de um aterro estudado. Os valores dos metais dissolvidos são próximos a zero em amostras à montante do aterro, logo após passar pelo o aterro esses valores saltam para mais de 20mg/L para o ferro e mais de 10 mg/L para o manganês. Esses valores diminuem conforme a pluma de contaminação se afasta do aterro. Essa diminuição é devido ao processo natural de oxigenação da água subterrânea. A presença do oxigênio torna o ambiente, da condição redutora para condição oxidante, e os metais que reagem com o oxigênio presente na água na forma dissolvida, novamente se tornam precipitados na forma de minerais óxidos/ hidróxidos.

Figura 3.6.b –Concentrações do ferro e manganês dissolvido na água subterrânea ao longo do seu fluxo em um aterro sanitário (DEUTSCH, 1997).

Além do ferro e manganês, existem outros elementos que possuem mais de um estado de oxidação, tais como arsênio, cromo, mercúrio e enxofre.

Um exemplo prático do assunto abordado é um caso ocorrido no aterro sanitário em Saco, Maine, EUA, onde os pesquisadores Stollenwerk e Colman (2004) estudaram um caso de concentração incomum de arsênio ($<3,0 - 50\mu\text{g/L}$) na pluma de contaminação do aterro. A alta concentração não era proveniente do aterro e não foi encontrado nos poços de monitoramento à montante. Assim, concluíram que a alta concentração do arsênio na água subterrânea era proveniente do processo hidrogeoquímico, da contaminação provocada pelo aterro e da formação geológica local. O lixiviado contendo matéria orgânica em contato com a água subterrânea torna um ambiente redutor, nesse ambiente houve a solubilização do hidróxido de ferro presente nos sedimentos abaixo do aterro. O arsênio encontrado adsorvido no hidróxido de ferro, na situação onde o hidróxido de ferro foi solubilizado, o arsênio foi solubilizado junto provocando a sua alta concentração na água subterrânea.

3.7 – Trabalhos anteriores

Seguem alguns trabalhos nacionais relacionados à hidrogeologia e aterros sanitários.

Parisot *et al.* (1985) realizaram um estudo da condição da água subterrânea à jusante de um aterro sanitário de Taubaté, um dos primeiros trabalhos referentes à contaminação da água subterrânea pela disposição de resíduos sólidos.

Gonçalves *et al.* (1992), por meio de medidas de nível d'água subterrânea por piezômetros, determinaram a direção do fluxo da água subterrânea e a superfície potenciométrica no aterro localizado no município de São Carlos.

Scudino *et al.* (1992) elaboraram um plano de monitoramento da água subterrânea no eventual risco de poluição em um ambiente com espesso manto de intemperismo do embasamento cristalino, onde seria implantado um aterro sanitário para a disposição de resíduos sólidos.

Hassuda (1997) estabeleceu critérios para gestão de disposição de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e também apresentou um método de pesquisa para áreas contaminadas por essa atividade.

Lima (1998) pesquisou a inibição da aceleração do processo de degradação anaeróbica de matéria orgânica disposta em aterros sanitários.

Nascimento (2001) avaliou a seleção de locais de implantação de aterros sanitários baseada em critérios geológicos, geomorfológicos e hidrológicos.

Santos (2001) analisou o impacto na água subterrânea gerado pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no município de Tatuí-SP.

Silva (2001) estudou antigas áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de São Paulo, onde os oito aterros avaliados apresentaram impactos ambientais tanto referentes à contaminação quanto a geotécnicas.

Ezaki (2004) analisou a presença de metais pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) associados a solos de cobertura de dois aterros sanitários localizados na grande São Paulo. Foi detectado enriquecimento dos metais nesses solos principalmente na forma adsorvida.

Ellert *et al.* (1986) utilizaram métodos geofísicos para delimitar a pluma de contaminação provocada por aterros sanitários e deposição de vinhoto. Os métodos utilizados foram caminhamento elétrico e eletromagnético indutivo.

Elis e Zuquette (2002) utilizaram a geofísica (caminhamento elétrico) e perfuração de sondagens para caracterizar o aterro sanitário de Ribeirão Preto-SP.

Moura (2008) analisou íons metálicos (Al, Fe, Mn e Pb) associados a aterros (sanitário e industrial) e propôs a utilização de resíduos da evaporação do lixiviado produzido no aterro como fertilizante agrícola.

4 – METODOLOGIA

4.1 – Caracterização da Área

4.1.1 – Localização

O aterro pesquisado está localizado na Região Metropolitana de São Paulo, SP. Devido a pedido da operadora do aterro sanitário, a localização exata foi mantida em sigilo, por esse motivo, nas descrições físicas que são apresentadas a seguir, não foram inseridas coordenadas de localização.

4.1.2 – Geologia Regional

A litologia presente na área de estudo onde está localizado o aterro sanitário corresponde ao embasamento pré-cambriano, mais especificamente aos metassedimentos do Grupo São Roque.

O Grupo São Roque, representado na Figura 4.1.2. a, é uma faixa de orientação aproximadamente E-W, sendo o limite oeste a bacia do Paraná, o limite norte ocorre as falhas de Itu e Jundiuvira, a sul, o seu limite é a Falha de Taxaquara. A sua litologia corresponde a uma série de rochas metamórficas, dentre elas os metapelitos (PSsF) e (PSsX), seqüência metapsamítica (PSsC), rochas carbonáticas (PSsC), metaconglomerados (PSsR), metabasitos variados (PSsB), metadioritos e quartzo dioritos gnáissicos (PSsD) e seqüência migmatítica (PSsM) (IPT, 1981).

Os metapelitos (PSsF) ocorrem desde próximos a região de Votorantim até a Falha de Sertãozinho. Essas rochas são representadas principalmente por filitos, quartzo filitos grafitosos, quartzo-mica xistos e quartzitos.

Os metapelitos (PSsX) abrangem desde o município de Perus, onde segue até o fim do Grupo São Roque e tem a característica transicional com os metapelitos filitosos, anteriormente citados (PSsF), além de estarem relacionados ao conjunto xistos a biotita e/ ou muscovita, clorita xistos e quartzo xistos com intercalações de metassiltitos, filitos, metagrauvacas, calcários dolomíticos e rochas calcosilicatadas (IPT, 1981).

A seqüência metapsamítica (PSsQ) forma “lentes” alongadas com ampla distribuição na área da unidade, tendo sua expressão maior na região do Anticlinório de Alumínio e Sinclinório de Pirapora, bem como na região a norte de Guarulhos. Essa seqüência é representada por quartzitos feldspáticos com metacorsios e metagruvacas subordinadas (IPT, 1981).

As rochas carbonáticas (PSsC) estão presentes principalmente nas regiões de Votorantim, São Roque e Pirapora-Cajamar. Na região de município de Perus há a presença de hornfels calcossilicáticos nas aureolas termometamórficas junto de corpos graníticos. As rochas carbonáticas são representadas por calcário dolomítico e calcíticos (IPT, 1981).

Os metaconglomerados (PSsR) estão presentes principalmente ao redor do Pico do Jaraguá, região a oeste do município de São Paulo, sendo as rochas mencionadas encontradas em corpos de pequenas dimensões (IPT, 1981).

As últimas unidades litológicas são os metabasitos variados (PSsB) e metadioritos e quartzo dioritos gnáissicos (PSsD). Essas unidades ocorrem em grande concentração próximas ao município de Mairinque, a norte de Barueri e da Serra de Itaberaba. Apesar dessa concentração nos locais citados, essas unidades estão presentes em todo o Grupo São Roque, mas em menores concentrações (IPT, 1981).

Figura 4.1.2. a – Mapa Geológico da região leste do estado de São Paulo com o Grupo São Roque representado em azul, IPT, 1981 (adaptado).

No contexto mais local, a litologia predominante é representada por rochas metamórficas tais como filitos (PSsF), xistos (PSsX), migmatitos (PSsM) e quartzitos (PSsQ) do grupo São Roque. Uma falha que corta a oeste da área, divide a Suíte Granítica Sin-tectônica de fácies Cantareira representada por rochas de transição granodioritos a graníticos (PS□c), com as rochas migmatíticas (PSsM), do Grupo São Roque (Figura 4.1.2.b).

Figura 4.1.2.b – Mapa geológico do local do aterro, IPT, 1981 (modificado).

4.1.3 – Geomorfologia

No Mapa Geomorfológico Ross (1997) o Estado de São Paulo foi dividido em três Unidades Morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Sedimentares Cenozóica. Paralelamente a esta classificação, existe a classificação Morfoescultural. Nessa classificação, o Estado de São Paulo é dividido em Planalto Atlântico, Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica Paulista. O critério de classificação da Morfoestrutural é baseado na fundamentação geológica e no Morfoescultural a forma do relevo.

O local estudado pertence à unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Esse cinturão é considerado um dos mais extensos do Brasil e foi formado em várias fases orogênicas (LOCZY; LADEIRA, 1976 *apud* ROSS, 1997). As serras do Mar e Mantiqueira foram formadas com o processo de soerguimento da Plataforma Sul Americano, onde aproveitaram as zonas de fraquezas antes existentes (ROSS, 1990 *apud* ROSS, 1997). A classificação Morfoescultural do local do aterro foi considerada como Planalto Atlântico (ROSS, 1997).

O local do aterro é interpretado como relevo denudacionais que consiste, de forma básica, em morros médios e altos com topo convexos e pertence a uma unidade que na classificação Morfoescultural é nomeado de Planalto Paulistano/ Alto Tietê (Ross, 1997). O Planalto Paulistano/ Alto Tietê está localizado entre o Planalto de Jundiá (ao norte), a Serra do Mar (ao sul), Planalto do Paraitinga/ Paraibuna (a leste) e Planalto de Ibiúna/ São Roque (a oeste).

As altitudes do local do aterro, em maior parte estão entre 800 e 1.000 metros e as declividades em maior parte são entre 10% a 20% (ROSS, 1997).

O padrão de drenagem local é dendrítico. As serras que podem ser destacadas na unidade em questão são Cantareira (ao norte), Itapeti (a leste) e Itaqui (a oeste), sustentadas por granitos que atingem altitudes entre 1.000 e 1.150m (ROSS, 1997).

Segundo o mapa geomorfológico, os solos pertencentes ao Planalto Paulistano/Alto Tietê são do tipo Podzólicos Vermelho-amarelo e Cambissolos. A Unidade Planalto Paulistano, em maior parte, apresenta um nível de fragilidade potencial médio, passivo de fortes atividades erosivas. Isso se deve a forma de dissecação de média à alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta (ROSS, 1997).

O Aterro sanitário está localizado próximo do limite entre duas unidades morfoesculturais (Figura 4.1.3.a), de cor azul escuro que representa terrenos com altimetria predominante acima de 900 metros e cor lilás que representa altimetria predominante de 800 a 900 metros, com formas de dissecação muito altas e sujeitas a processos erosivos agressivos.

Legenda

- Altimetria predominante acima de 900m
- Altimetria predominante 800 - 900m
- Altimetria predominante até 800m
- Planícies Aluvionares
- Local do Aterro
- Formas de dissecação média a alta - Áreas sujeitas a forte atividade erosivas
- Formas muito dissecadas - Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos
- Formas de dissecação muito alta - Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos

Figura 4.1.3.a – Mapa Geomorfológico, (IPT – FFLCH, 1997 adaptado).

4.1.4 – Hidrometereologia

O clima do local do aterro é Tropical, de Domínio Climático Mesotérmico Brando e Subdomínio Superúmido com Variedade Climáticas Subseca, (IBGE, 1977). O trabalho de Sentelhas *et. al* (1998) apresentou a temperatura média predominante ao longo do ano em torno de 19 a 18° C. Os dados históricos referentes à pluviometria e termometria entre os anos de 1941 a 1970 foram obtidos pela estação do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). O gráfico a seguir (Figura 4.1.4.a) descreve o comportamento da pluviometria média entre os anos citados e com essa informação associada ao método de Thornthwaite foi obtido a evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR).

Gráfico 4.1.4.a – Balanço hídrico normal mensal com cálculo da evapotranspiração potencial e evapotranspiração real por Thornthwaite & Mather para o posto do DAEE mais próximo do local do aterro. Período de dados: 1941 a 1970

Sentelhas *et. al*, 1998.

Nos meses de janeiro a abril há saldo positivo da pluviosidade em relação à temperatura, ou seja, chove mais do que a capacidade de evapotranspiração. Nos meses de abril a meados de junho, o balanço está equilibrado e nos meses de meados de junho ao fim de agosto o balanço é negativo. O excedente da água é considerado infiltrado no subsolo ou transportado por escoamento superficial (Figura 4.1.4.b).

Gráfico 4.1.4.b – Extrato do balanço hídrico normal mensal por Thornthwaite e Mather para o posto do DAEE mais próximo do local do aterro. Período de dados: 1941 a 1970

Sentelhas *et. al*, 1998,

4.1.5 – Caracterização do Aterro

O aterro sanitário estudado iniciou suas operações em outubro de 2001. Apesar deste aterro ter licença ambiental para receber resíduos industriais, desde o início de suas operações, o empreendimento tem funcionado quase completamente como aterro para resíduos domiciliares, sendo os outros resíduos entulhos, resíduos de feiras livres

e terceiros. No ano de 2005 o aterro recebeu quase trezentas toneladas de resíduos, dos quais 85% foram de resíduos de origem domiciliar (Figura 4.1.5.a).

Gráfico 4.1.5.a – Gráfico com os tipos de resíduos depositados no aterro avaliado nos anos de 2001 a 2005.

O aterro sanitário possui uma célula central cuja área corresponde a aproximadamente 72.870 m², onde ocorre a deposição de resíduos. À leste da célula central, está instalado um centro de tratamento de resíduos, a oeste há uma área preparada para a ampliação e uma outra área mais a oeste para futura ampliação. Vale ressaltar que somente a célula central está sendo utilizada para a deposição de resíduos enquanto foi realizada a pesquisa, por isso o foco do trabalho (Figura 4.1.5.b). A nordeste da célula central existe uma zona de descarga da água subterrânea com quatro nascentes, essas formam um pequeno córrego que tem direção leste-oeste, o fluxo da água é de leste para oeste e passa próximo da parte sul da célula central. Além dessas nascentes, existem duas no extremo oeste da área. Antes da construção do aterro, abaixo da área da célula central, existia uma nascente que foi soterrada e confinada a um dreno totalmente impermeabilizado, semelhante a um canal

subterrâneo. A água drenada por este canal, como não apresenta sinais de mudanças devido ao aterro, é lançada à jusante da célula central (Figura 4.1.5.b).

A base da célula central foi totalmente impermeabilizada e na fase construtiva o solo foi compactado com uma camada de argila de 6 metros de espessura com valores de condutividade hidráulica da ordem de 10^{-7} cm/s. Sobre esta camada, foram instaladas duas camadas de geomenbranas de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), secundária e primária, intercaladas por drenos testemunhos e drenos para a coleta do lixiviado. Estas geomenbranas estão supostamente preparadas para as condições severas de ataques químicos e esforços físicos encontradas no aterro, com o papel de impedir que o lixiviado, formado pelos resíduos, alcance o solo e a água subterrânea.

Figura 4.1.5.b – Planta do aterro sanitário estudado.

4.1.6 – Hidrogeologia do Local do Aterro

O local do aterro sanitário em questão pertence à unidade hidrogeológica Sistema Aquífero Cristalino (SAC). Essa unidade corresponde às áreas das rochas cristalinas, e é composto por duas unidades de natureza hidrogeológica distintas, a unidade do manto de intemperismo e o aquífero cristalino.

A primeira unidade corresponde ao manto de intemperismo, que possuem a condição de ocorrência da água subterrânea de um aquífero livre em meio intergranular heterogêneo. A espessura média da porção intemperizada é da ordem de 50m (SABESP/CEPAS-IGUSP, 1994). A condutividade hidráulica é função do grau da alteração da rocha. Essa condutividade pode variar de muito baixa (10^{-4} a 10^{-5} cm/s) em manto de alteração bem modificado pelo intemperismo (solo rico em argila), a muito alta (10^{-1} a 10^{-2} cm/s) na zona de transição entre a rocha alterada e rocha sã.

A segunda unidade corresponde ao aquífero cristalino, abaixo do manto de intemperismo. Nesse tipo de aquífero, a água é conectada através das descontinuidades da rocha (falhas e fraturas), uma vez que a permeabilidade na rocha maciça é muito baixa, caracterizando o aquífero como livre a semi-livre, heterogêneo e isotrópico (SABESP/CEPAS-IGUSP, 1994).

4.1.6.1 – Instalação dos Poços de Monitoramento

O foco do trabalho é a área próxima da célula central, onde estão depositados os resíduos sólidos e; portanto, onde há possibilidade principal de contaminação pelos resíduos ali depositados. A operadora do aterro, com a finalidade de analisar a água subterrânea e caracterizar a hidrogeologia, construiu poços de monitoramento ao longo do terreno do aterro. Para esse trabalho foram instalados mais quatro poços de monitoramento de caráter provisório ao redor da célula central para complementar os poços de monitoramento já existentes.

No aterro sanitário já haviam sido instalados 14 Poços de Monitoramento (PM) ao longo da área do terreno do aterro, mas devido à localização de alguns poços serem muito distantes da célula central, esses não foram aproveitados no trabalho. Os poços de monitoramento provisórios (PP's) inicialmente estavam programados para serem cinco poços, mas uma escavação não atingiu o nível d' água mesmo com 32 metros de perfuração e, assim, não foi instalado o poço, e foi designado como SD-5.

Ao todo são oito os PM's utilizados: PM-01, PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-06, PM-07 e PM-14; quatro PP's: PP-1, PP-2, PP-3 e PP-4, e o Poço de Nascente Canalizada (PNC) próximo do encontro do canal que passa por baixo da célula central com o curso d'água à jusante.

Os poços PM-01 e PM-06, PM-14 e PP-3 estão instalados em locais topograficamente acima da área do aterro com o objetivo de coletar amostras de água subterrânea supostamente sem a influência do material depositado. Os poços PM-02, PM-03, PP-1, PP-2 e PP-4 possuem a função de poços de jusante. O PNC possui um papel importante para monitorar as condições das camadas de impermeabilização da célula central, pois em caso de alguma irregularidade dessas camadas o lixiviado tende a seguir pelo canal abaixo da célula central e assim ser detectado no PNC (Figura 4.1.6.1.b). Os poços de jusante também possuem a função de detectar alguma anormalidade da qualidade da água subterrânea (Figura 4.1.6.1.a).

Figura 4.1.6.1.a – Mapa do aterro sanitário com localização dos 14 poços de monitoramento, 4 poços provisório (PP) e 4 pontos de amostragem de água superficial.

Figura 4.1.6.1.b – Mapa da célula central com localização de poços de monitoramento provisório (PP) e poços de monitoramento.

Os poços de monitoramento foram instalados em sondagens de 4,0 polegadas por meio de trado manual; foram utilizados tubos geomecânicos de 2,0 polegadas, com filtro ranhurado de 0,5 mm, pré filtro composto por areia lavada e selecionada de granulometria entre 1,0 mm e 2,0 mm. Acima do pré-filtro, os poços foram selados com bentonita com espessura mínima de 15 cm e máxima de 30 cm. Para o preenchimento foi utilizado o solo proveniente das suas perfurações. Todos os poços foram devidamente tamponados com caixa de proteção e lacre (Foto 4.1.6.1.a e Foto 4.1.6.1.b).

Foto 4.1.6.1.a – Caixa de proteção do poço de monitoramento.

Foto 4.1.6.1.b – Caixa de proteção do poço de monitoramento aberto com lacre na tampa superior.

As sondagens dos PP's foram realizadas com equipamento mecanizado (Hollow Stem Auger) tipo rotativo, sem adição de lama ou qualquer outro fluído. Foram empregados trados ocos de diâmetro externo de 7,5 polegadas e diâmetro interno de 4,0 polegadas (Foto 4.1.6.1.c, Foto 4.1.6.1.d, Foto 4.1.6.1.e). Foram utilizados revestimentos de PVC com 2,5 polegadas de diâmetro e o filtro do mesmo material e comprimento total de 3,0 metros e o ranhurado de 0,5 mm. O pré filtro foi composto por areia lavada e selecionada de granulometria entre 1,0 mm e 2,0 mm que preencheu o

espaço do furo até o tubo no intervalo do filtro. Acima do pré-filtro, os poços foram selados com bentonita com espessura mínima de 15 cm e máxima de 30 cm. Para o preenchimento, foi utilizado o solo proveniente da sua perfuração. Nos PP's, por se tratarem de obras de caráter de curta duração, não foram instalados acabamentos, tais como caixa de proteção (Foto 4.1.6.1.f).

Foto 4.1.6.1.c – Execução de sondagem para a instalação de PP's.

Foto 4.1.6.1.d – Tubos de PVC para a instalação de PP's.

Foto 4.1.6.1.e – Perfuração do "Hollow Stem Auger".

Foto 4.1.6.1.f – Poço Provisório acabado.

Na Tabela 4.1.6.1.a e Tabela 4.1.6.1.b são apresentadas as especificações construtivas dos PM's e PP's.

Tabela 4.1.6.1.a – Dados Construtivos dos PM's 01 a 07 próximos à célula central.

Dados	Identificação dos Poços						
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
Diâmetro do tubo (pol)	4	2	2	2	4	4	4
Diâmetro do Furo (pol)	6	4	4	6	6	6	6
Profundidade do Poço (m)	34,40	6,25	12,80	8,25	20,20	36,30	3,50
Comprimento do filtro (m)	-	-	4,00	-	-	-	-
Nível d'água (m)	30,90	1,00	9,30	4,95	6,00	27,10	1,95

Tabela 4.1.6.1.b – Dados Construtivos dos PM's 14 e PP's 01 a 04 próximos à célula central.

Dados	Identificação dos Poços				
	PM-14	PP-1	PP-2	PP-3	PP-4
Diâmetro do tubo (pol)	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
Diâmetro do Furo (pol)	4	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2
Profundidade do Poço (m)	35,25	13,00	10,00	30,00	27,50
Comprimento do filtro (m)	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Nível d'água (m)	28,80	10,90	8,30	10,10	25,30

A espessura das camadas de material geológico encontradas nas sondagens chega a alcançar mais de 36 metros de profundidade (PM-06). O manto de intemperismo caracterizado no local é o silte arenoso fino, com pouca argila, marrom amarelado e silte argiloso, com pouca areia fina, marrom.

4.1.6.2 – Ensaio de Permeabilidade tipo Slug

Para melhor caracterizar o comportamento do aquífero local, foi realizado um ensaio *in situ* para a obtenção do coeficiente de condutividade hidráulica (K), denominado slug test. A escolha do PM-03 para a realização do teste foi devido à sua localização próxima à célula central e a área de ampliação e facilidade de acesso.

4.1.6.3 – Coleta de Amostras de água subterrânea e Superficial

As amostragens foram executadas ao longo dos anos de 2005 e 2006 para os PM's e águas superficiais (PMAS), espaçadas aproximadamente de três meses entre as coletas. Nos PP's, devido ao seu caráter provisório, foi realizada uma campanha em janeiro de 2006.

As datas das coletas dos PM's foram: 26/02/05, 01/07/05, 15/09/05, 15/12/05, 07/04/06, 29/06/06, 28/09/06 e 14/12/06. As datas das coletas PMAS's foram: 04/07/05, 15/09/05, 06/04/06, 29/06/06, 28/09/06 e 14/12/06. A data de coleta PP's e PNC foi 18/01/06.

O procedimento de coleta das amostras de água subterrânea foi dividido em duas etapas:

A primeira envolveu o esgotamento dos poços por bombeamento manual executado 24 horas antes das amostragens (Foto 4.1.6.3.a). A segunda parte consistiu

na amostragem propriamente dita, a qual foi executada utilizando-se *bailers* descartáveis (Foto 4.1.6.3.b).

Foto 4.1.6.3.a – Esgotamento de água no poço de monitoramento.

Foto 4.1.6.3.b – Retirada de amostra sem provocar turbulência da água.

Na coleta de amostra, a passagem da água para os frascos adequados a cada classe de parâmetros foi executada diretamente a partir dos *bailers*, igualmente de modo lento (aproximadamente 100 ml/min) (Foto 4.1.6.3.c).

Foram analisados parâmetros com equipamentos de medições devidamente calibrados, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e potencial óxido-redução ainda em campo, para evitar a alteração da qualidade da água subterrânea com o transporte da amostra (Foto 4.1.6.3.d).

Durante a operação, as amostras foram armazenadas em caixas térmicas (Foto 4.1.6.3.e) e mantidas em refrigeração a uma temperatura inferior a 4°C até serem enviadas ao laboratório para análises químicas.

Foto 4.1.6.3.c – Transferência da amostra de água para frascos adequados.

Foto 4.1.6.3.d – Medições de Parâmetros, pH, potencial óxi-redução, temperatura e oxigênio dissolvido.

Foto 4.1.6.3.e – Amostras resfriadas adequadamente para o transporte até o laboratório.

4.1.6.4 – Análises químicas das amostras das águas

As análises químicas das águas subterrâneas e superficiais coletadas foram divididas em três grupos. O primeiro grupo são os PM's, cujas coletas foram realizadas ao longo dos anos 2005 e 2006 com intervalos de três meses entre as coletas (26/02/05, 01/07/05, 15/09/05, 15/12/05, 07/04/06, 29/06/06, 28/09/06 e 14/12/06),

nessas campanhas foram retiradas amostras dos poços PM-01, PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-06, PM-07 e PM-14.

O segundo grupo representa os PP's e PNC onde as coletas foram realizadas no dia 18/01/06.

O terceiro grupo são as PMAS's no qual as coletas foram realizadas nos dias 04/07/05, 15/09/05, 06/04/06, 29/06/06, 28/09/06 e 14/12/06.

Para comparar os valores das análises químicas, foram utilizados os Valores de Intervenção para Águas Subterrâneas CETESB, 2005 e Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Para as águas superficiais foi, utilizada a Resolução CONAMA nº 357 Classe III. Os parâmetros analisados para a água subterrânea são apresentados na Tabela 4.1.6.4.a e para as águas superficiais a Tabela 4.1.6.4.b.

Tabela 4.1.6.4.a – Parâmetros analisados nas amostras da água subterrâneas com valores orientadores CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004.

Parâmetros	Unidade	Padrão	Padrão
		CETESB, 2005	Portaria 518
1,1 Dicloroetano	mg/L	0,28	N.R
1,1 Dicloroeteno	mg/L	0,03	N.R
2,4 - D	mg/L	N.R	0,03
2,4,5 - T	mg/L	N.R	N.R
2,4,5-TP	mg/L	N.R	N.R
2,4,6 - Triclorofenol	mg/L	0,2	N.R
Aldrin	mg/L	N.R	N.R
Dieldrin	mg/L	N.R	N.R
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	N.R
Alumínio Total	mg/L	0,2	N.R
Arsênio Total	mg/L	0,01	N.R
Bário Total	mg/L	0,7	N.R
Benzeno	mg/L	0,005	N.R
Benzeno(a) Pireno	mg/L	0,0007	N.R
Berílio Total	mg/L	N.R	N.R
Boro Total	mg/L	0,5	N.R
Cádmio Total	mg/L	0,005	N.R

Continua

Continuação

Tabela 4.1.6.4.a – Parâmetros analisados nas amostras da água subterrâneas com valores orientadores CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004.

Carbamatos Totais	mg/L	N.R	N.R
Carbaril	mg/L	N.R	N.R
Chumbo Total	mg/L	0,01	N.R
Cianeto	mg/L	N.R	0,07
Clordano	mg/L	N.R	0,0002
Cloreto	mg/L	N.R	250
Cloreto de Metileno	mg/L	0,02	N.R
Cloreto de Vinila	mg/L	0,005	N.R
Cloro Residual	mg/L	N.R	N.R
Cobalto Total	mg/L	0,005	N.R
Cobre Total	mg/L	2	N.R
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	N.R	N.R
Coliformes Totais	NMP/100 ml	N.R	Ausência
Condutividade Eletric. Especifica a 25 °C	uS/cm	N.R	N.R
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.R	N.R
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	N.R	15
Cromo Hexavalente	mg/L	N.R	N.R
Cromo Trivalente	mg/L	N.R	N.R
Cromo Total	mg/L	0,05	N.R
DBO	mg/L	N.R	N.R
DDT+DDD+DDE	mg/L	0,002	N.R
Demeton	mg/L	N.R	N.R
Detergentes	mg/L	N.R	N.R
Diclorometano	mg/L	N.R	0,02
DQO	mg/L	N.R	N.R
Dureza	mg/L	N.R	500
Endossulfan	mg/L	N.R	0,02
Endrin	mg/L	0,0006	N.R
Estanho Total	mg/L	N.R	N.R
Fenóis	mg/L	0,14	N.R
Ferro Total	mg/L	0,3	N.R
Fluoreto	mg/L	N.R	1,5
Fosfato Total	mg/L	N.R	N.R
Gutien	mg/L	N.R	N.R
Heptacloro	mg/L	N.R	N.R
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.R	N.R
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.R	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.R	0,001
Lindano	mg/L	0,002	N.R
Lítio Total	mg/L	N.R	N.R
Magnésio	mg/L	N.R	N.R
Malation	mg/L	N.R	N.R
Mânganes Total	mg/L	0,4	N.R

Continua

Tabela 4.1.6.4.a – Parâmetros analisados nas amostras da água subterrâneas com valores orientadores CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004.

Mercurio Total	mg/L	0,001	
Metoxicloro	mg/L	N.R	0,02
Níquel Total	mg/L	0,02	N.R
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	N.R	N.R
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.R	N.R
Nitrogenio Kjeldahl Total	mg/L	N.R	N.R
Nitrogênio Nitrito	mg/L	N.R	1
Nitrogênio Nitrato	mg/L	10	N.R
Nitrogênio Total	mg/L	N.R	N.R
Nonacloro	mg/L	N.R	N.R
Odor	-	N.R	N.R
Óleos e Graxas	mg/L	N.R	N.R
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.R	N.R
Paration	mg/L	N.R	N.R
PCB's	mg/L	0,0035	N.R
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	N.R
pH	-	N.R	N.R
Potássio	mg/L	N.R	N.R
Potencial Redox	mV	N.R	N.R
Prata Total	mg/L	0,05	N.R
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	N.R	N.R
Saumonella sp	em 25 ml	N.R	N.R
Selênio Total	mg/L	0,01	N.R
Sódio	mg/L	N.R	N.R
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	N.R	1000
Sólidos Totais	mg/L	N.R	N.R
Sulfato	mg/L	N.R	250
Sulfeto	mg/L	N.R	N.R
Surfactantes	mg/L	N.R	0,5
Temperatura da água	°C	N.R	N.R
Temperatura do ar	°C	N.R	N.R
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.R	0,002
Tetracloroeteno	mg/L	0,04	N.R
Tolueno	mg/L	N.R	0,17
Toxafeno	mg/L	N.R	N.R
Tricloroeteno	mg/L	0,07	N.R
Turbidez	NTU ⁽²¹¹⁾	N.R	5
Vanádio Total	mg/L	N.R	N.R
Xileno	mg/L	N.R	0,3
Zinco Total	mg/L	5	N.R

Tabela 4.1.6.4.b – Tabela com os parâmetros analisados na água superficial e valores orientadores da resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Parâmetros	Unidade	Padrão	Parâmetros	Unidade	Padrão
		CONAMA			CONAMA
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,01	Fluoreto	mg/L	1,4
1,1 Dicloroeteno	mg/L	0,03	Fosfato Total	mg/L	0,025
2,3,4,6 Tetraclorofenol	mg/L	N.R.	Fósforo Total	mg/L	0,075
2,4 - D	mg/L	0,03	Gutíon	mg/L	0,000005
2,4,5 - T	mg/L	0,002	Heptacloro	mg/L	N.R.
2,4,5-TP	mg/L	0,01	Heptacloro Epóxido	mg/L	N.R.
2,4,6 - Triclorofenol	mg/L	0,01	Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003
4,4' - DDD	mg/L	N.R.	Hexaclorobenzeno	mg/L	N.R.
4,4 - DDT	mg/L	N.R.	Lindano	mg/L	0,002
Aldrin	mg/L	N.R.	Lítio Total	mg/L	2,5
Dieldrin	mg/L	N.R.	Magnésio	mg/L	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	Malation	mg/L	0,1
Alumínio Total	mg/L	0,2	Manganes Total	mg/L	0,5
Arsênio Total	mg/L	0,033	Mercurio Total	mg/L	0,002
Bário Total	mg/L	1	Metoxicloro	mg/L	0,02
Benzeno	mg/L	0,005	Níquel Total	mg/L	0,025
Benzo(a) Pireno	mg/L	0,0007	Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.R.
Berílio Total	mg/L	0,1	Nitrogenio Amoniacal	mg/L	13,3
Boro Total	mg/L	0,75	Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.R.
Cádmio Total	mg/L	0,01	Nitrogênio Nitrito	mg/L	1
Carbamatos Totais	mg/L	N.R.	Nitrogênio Nitrato	mg/L	10
Carbaril	mg/L	0,07	Nitrogênio Total	mg/L	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,033	Nonacloro + Dodecacloro	mg/L	N.R.
Cianeto	mg/L	0,022	Odor	-	ausente
Clordano	mg/L	0,0003	Óleos e Graxas	mg/L	ausente
Cloreto	mg/L	250	Oxigênio Dissolvido	mg/L	>4
Cloreto de Metileno	mg/L	N.R.	Paration	mg/L	0,035
Cloreto de Vinila	mg/L	N.R.	PCB's	mg/L	0,000001
Cloro Residual	mg/L	N.R.	Pentaclorofenol	mg/L	0,000009
Cobalto Total	mg/L	0,2	pH	-	6 ~ 9
Cobre Total	mg/L	0,013	Potássio	mg/L	N.R.
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	N.R.	Potencial Redox	mV	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	N.R.	Prata Total	mg/L	0,05
Condutividade Eletric. Especifica a 25 °C	uS/cm	N.R.	Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.R.	Saemonella sp	em 25 ml	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	75	Selênio Total	mg/L	0,05
Cromo Hexavalente	mg/L	N.R.	Sódio	mg/L	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.R.	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	N.R.
Cromo Total	mg/L	0,05	Sólidos Totais	mg/L	Ausente
DBO	mg/L	10	Sulfato	mg/L	250
DDE	mg/L	N.R.	Sulfeto	mg/L	0,3
DDT ⁽³⁾	mg/L	0,001	Surfactantes	mg/L	N.R.
Demeton	mg/L	0,014	Temperatura da água	°C	N.R.
Detergentes	mg/L	N.R.	Temperatura do ar	°C	N.R.

Continua

Tabela 4.1.6.4.b – Tabela com os parâmetros analisados na água superficial e valores orientadores da resolução CONAMA n^o 357 de 2005.

Diclorometano	mg/L	N.R.	Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,003
DQO	mg/L	N.R.	Tetracloroetano	mg/L	0,01
Dureza	mg/L	N.R.	Tolueno	mg/L	N.R.
Endossulfan	mg/L	0,00022	Toxafeno	mg/L	0,00021
Endrin	mg/L	0,0002	Tricloroetano	mg/L	0,03
Estanho Total	mg/L	N.R.	Turbidez	UNT ⁽⁶⁾	100
Fenóis	mg/L	0,01	Vanádio Total	mg/L	0,1
Ferro Solúvel	mg/L	5	Xileno	mg/L	N.R.
			Zinco Total	mg/L	5

5 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 – Estimativa de Infiltração da Água Meteórica na Célula Central por Meio de Balanço Hídrico

O método adotado para estimar o valor de infiltração de água meteórica na célula central foi o balanço hídrico. Para obter os valores necessários, foram utilizadas a precipitação, fornecida pela operadora do aterro (Figura 5.1.a); evapotranspiração potencial (ETP), retirada do trabalho de Sentelhas *et. al* (1998) e a taxa de escoamento superficial à partir do trabalho de Villela e Matos (*apud* OLIVEIRA, 1998) apresentados na Tabela 5.1.b. Com essas informações foi obtido o valor estimado da água que infiltra na célula central e comparado com a quantidade de lixiviado produzido no aterro (fornecida pela empresa operadora e representado na Figura 5.1.b).

Para o cálculo do balanço hídrico, a área da célula central (72.870 m²) foi considerada como uma bacia hidrográfica, e, assim, foi obtido o volume de água que entra e sai no período de um ano hidrológico. Do valor da precipitação (mm) foi subtraído o valor da evapotranspiração (mm), a taxa de escoamento superficial (20% da precipitação) e pela equação do balanço hídrico foi obtido o valor da infiltração.

O critério para adotar o valor de 20% para a taxa de escoamento superficial foi que a célula central estava em atividade e os resíduos estavam descobertos. Quando descobertos, os resíduos apresentam alta taxa de infiltração, próxima de 100%. O

processo de operação do aterro é cobrir os resíduos após um ciclo de operação, no caso um dia, e uma parte da célula central está coberta com uma camada de solo argiloso pouco compactado. Essa baixa compactação possibilita que uma grande parcela de água infiltre até atingir os resíduos. Outro fator que deve ser levado em consideração é que uma parte da água meteórica que cai na parte coberta esco superficialmente sobre o solo e infiltra por onde não há cobertura, e, assim, aumenta a quantidade da água que infiltra sobre a célula central. Para se ter uma idéia da dimensão da produção de lixiviado, o aterro sanitário de Santo André produz 11.400 m³/mês, o aterro sanitário de Mauá 12.900 m³/mês e Tremembé 27.600 m³/ mês (MOURA, 2008). No aterro em questão, a célula central produz em média 2.500 m³/mês (Figura 5.1.b).

Figura 5.1.a – Precipitação do local do aterro sanitário do ano de 2005.

Figura 5.1.b – Produção de lixiviado do aterro sanitário do ano de 2005.

O trabalho de Sentelhas *et. al.* (1998) forneceu os valores de temperatura média dividido em meses da região onde está localizado o aterro em estudo (Tabela 5.1.a).

Tabela 5.1.a – Tabela com o número de dias e temperatura média dos meses ao longo de um ano utilizado para obter a evapotranspiração.

	Número de dias	Temperatura (°C)
janeiro	30	23,2
fevereiro	28	23,4
março	31	22,7
abril	30	20,4
maio	31	18,0
junho	30	16,6
julho	31	16,4
agosto	31	17,9
setembro	30	19,4
outubro	31	20,6
novembro	30	21,5
dezembro	31	22,3

Sentelhas *et. al.*, 1998.

Na tabela 5.1.b, temos os valores de precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e infiltração. A infiltração é o valor resultante da diferença da precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial, nos meses de fevereiro, junho, julho, agosto e novembro. Os valores negativos e não foram considerados na soma total. Para o cálculo da evapotranspiração foram utilizados números de dias e valores de temperatura média mensais presentes.

Tabela 5.1.b – Valores da precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e infiltração.

	Precipitação (mm)	ETP (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Infiltração (mm)
jan/05	372,25	113,45	74,45	184,35
fev/05	118	105,09	23,60	-10,69
mar/05	196,75	104,19	39,35	53,21
abr/05	98,75	75,22	19,75	3,78
mai/05	132,5	55,79	26,50	50,21
jun/05	28,75	43,28	5,75	-20,28
jul/05	26,75	43,19	5,35	-21,79
ago/05	8,5	53,99	1,70	-47,19
set/05	125,75	65,87	25,15	34,73
out/05	198,75	82,30	39,75	76,70
nov/05	103	92,28	20,60	-9,88
dez/05	213,25	106,91	42,65	63,69

O valor estimado obtido da água que infiltra foi convertido em metros e multiplicado pela área da célula central (Tabela 5.1.c). Dessa forma teremos a quantidade de água que infiltra na célula em volume (m³).

Tabela 5.1.c – Valor de Infiltração da água precipitada e o volume da água que infiltra na célula central.

	Infiltração convertido para metros (m)	Infiltração (m) X Célula Central (m ²) Resultado em Volume (m ³)
jan/05	0,184	13433,58
fev/05	-0,011	-778,98
mar/05	0,053	3877,41
abr/05	0,004	275,45

Continua

Conclusão

Tabela 5.1.c – Valor de Infiltração da água precipitada e o volume da água que infiltra na célula central.

mai/05	0,050	3658,80
jun/05	-0,020	-1477,80
jul/05	-0,022	-1587,84
ago/05	-0,047	-3438,74
set/05	0,035	2530,78
out/05	0,077	5589,13
nov/05	-0,010	-719,96
dez/05	0,064	4641,09

O volume estimado da água que infiltra na célula central foi comparado com o volume de lixiviado recolhido na célula (Tabela 5.1.d).

Tabela 5.1.d – Volume de lixiviado produzido e volume estimado de água que infiltra na área da célula central.

	Volume de Lixiviado Produzido no Aterro (m3)	Infiltração Estimada (m3)
jan/05	1660	13433,58
fev/05	1372	-778,98
mar/05	3630	3877,41
abr/05	4287	275,45
mai/05	3208	3658,80
jun/05	3028	-1477,80
jul/05	3644	-1587,84
ago/05	3370	-3438,74
set/05	2960	2530,78
out/05	3310	5589,13
nov/05	3090	-719,96
dez/05	2779	4641,09
Total	36338	34006

A diferença entre o volume produzido no aterro (36.338 m³) e o volume da água de infiltração estimada (34.006 m³) é de 2.332 m³, o que corresponde em porcentagem de 6,42%.

5.2 – Modelo Hidrogeológico obtido

A partir dos dados obtidos pelas medidas de níveis d'água nos PM's, PP's e das informações das cotas topográficas nesses poços, foi obtido o modelo hidrogeológico da área do aterro e, em maior detalhe, da célula central. O modelo estabelecido foi apresentado em forma de mapas equipotenciais das cargas hidráulicas com direção de fluxo da água subterrânea e perfis geológicos e hidrogeológicos. Na Tabela 5.2.a estão apresentadas as cotas topográficas dos poços, o nível d'água e a carga hidráulica da água subterrânea, sendo a carga hidráulica a diferença entre a cota topográfica e o nível d'água.

Tabela 5.2.a – Tabela com cotas topográficas dos PM's e PP's, níveis d'águas medidos em Janeiro de 2006 e a carga hidráulica.

Identificação	Cota do topo dos poços (m)	Nível d'água (m)	Carga hidráulica (m)
PM-01	812,22	31,77	780,44
PM-02	755,29	0,46	754,82
PM-03	760,63	9,48	751,15
PM-06	805,11	27,59	777,52
PM-07	750,76	2,03	748,73
PM-08	794,28	18,35	775,93
PM-09	757,11	3,13	753,98
PM-10	754,11	3,71	750,30
PM-11	808,92	30,28	778,64
PM-12	786,90	21,63	765,27
PM-13	762,44	4,48	757,96
PM-14	804,99	29,96	775,03
PP-01	769,19	11,88	757,30
PP-02	778,74	9,15	769,59
PP-03	785,49	10,97	774,51
PP-04	801,35	25,82	775,52

O manto de intemperismo na área da célula central foi identificado a partir das sondagens de instalação dos poços, e apresentou duas camadas diferenciadas de materiais. A primeira e mais superficial, corresponde ao silte arenoso fino, com pouca argila, marrom amarelada; e a camada mais profunda, ao silte argiloso, com pouca areia fina, marrom (Figura 5.2.a).

A potenciometria obtida a partir das cargas hidráulicas medidas nos poços indica uma direção de fluxo preferencial da água subterrânea de SE-NW (sudeste para noroeste), conforme apresentado no modelo hidrogeológico, que considera as áreas acima dos PM's 01 e 06 como zonas de recarga e, as áreas a jusante próxima ao curso d'água, adjacentes aos PM's 02 e 03, como zona de descarga (Figura 5.2.c). Com essas informações somadas a característica do manto de intemperismo local, o aquífero foi caracterizado como de alta porosidade e baixa permeabilidade, com a ausência de camadas com propriedades confinantes, ou seja, um aquífero livre.

Anterior à instalação do aterro sanitário, especificamente onde foi instalada a célula central, existia um ponto de surgência d'água subterrânea. Para a implantação do aterro, essa nascente foi confinada a um dreno e impermeabilizada, tornando-se similar a um canal subterrâneo, percebeu-se uma inflexão que segue esse canal, e foi caracterizada como um divisor d'água abaixo da célula central (Figura 5.2.b).

Figura 5.2.a – Perfis construtivos e litológicos dos PP's e PM's utilizados para a elaboração do perfil A-B.

Na célula central de disposição de resíduos foi traçado um perfil para detalhar a condição hidrogeológica e para isso foram utilizadas informações geológicas e hidrogeológicas, essa condição foi apresentada na forma de perfil A-B, traçado na direção norte-sul (Figura 5.2.b). A escolha da direção do perfil teve como preocupação

cruzar perpendicularmente as linhas equipotenciais, com a finalidade de analisá-lo ao longo do fluxo da montante à jusante.

Figura 5.2.b – Célula central com linhas equipotenciais, direção do fluxo da água subterrânea e perfil A-B.

Figura 5.2.c – Modelo de fluxo da água subterrânea pela célula central do aterro sanitário.

Figura 5.2.d – Modelo de fluxo da água subterrânea pela célula central do aterro no perfil A-B.

Variação do Nível d'água subterrânea nos poços de monitoramento (N.A) ao longo dos anos 2005 e 2006

As medições de N.A's realizadas ao longo dos anos de 2005 e 2006 foram apresentadas na forma gráfica (Figura 5.2.f e Figura 5.2.g) e foram comparadas com o gráfico (Figura 5.2.e) de precipitação média anual próximo do local do aterro, o que foi discutido no capítulo seis.

Figura 5.2.e – Precipitação média anual (DAEE).

Figura 5.2.f – Variação de N.A dos PM's rasos.

Figura 5.2.g - Variação de N.A dos PM's profundos.

5.2.1 – Valores Obtidos no Ensaio de Condutividade Tipo Slug e Velocidade da Água Subterrânea

Com o teste de condutividade do tipo slug test, realizado no PM-03, foi possível calcular a condutividade hidráulica do aquífero local e a velocidade que a água subterrânea se desloca.

A Figura 5.2.1.a apresenta o resultado do teste de condutividade hidráulica; na tabela onde estão os dados de entrada para o cálculo, na coluna à esquerda está apresentado o intervalo de medição. Ao centro, estão as profundidades de N.A's medidos nos respectivos intervalos de tempo. E na direita, N.A estático menos o N.A do respectivo intervalo, dividido por N.A estático menos N.A após a inserção do tarugo (Eq. 5.2.1.a).

$$(H - h) / (H - H_0) \quad (5.2.1.a)$$

Onde:

H – N.A antes da inserção do tarugo;

H₀ – N.A após a inserção do tarugo;

h – N.A após a inserção do tarugo ao longo do tempo;

No gráfico, o eixo vertical representa $(H - h) / (H - H_0)$ e o eixo horizontal o intervalo de tempo. O valor inicial (To) representa o valor máximo 1 ($h = H_0$). Após a inserção do tarugo, há uma desestabilização no interior do poço (H₀). Ao longo do tempo o N.A tende a estabilizar para o valor inicial (H), ou seja, o valor de (h) tende a aproximar-se do (H), seguindo a Equação 5.2.1.a, a diferença (H-h) tende a zero e a curva do gráfico assume uma característica assintótica no eixo horizontal.

Figura 5.2.1.a – Gráfico da recuperação do nível d'água subterrânea e o cálculo utilizado para a condutividade.

O gráfico da Figura 5.2.1.a tem a função de obter o tempo de recuperação onde o NA alterado alcance 63% do NA inicial. Esse valor (To) é utilizado para o cálculo de condutividade hidráulica.

A partir do valor obtido de condutividade, foi calculada a velocidade da água subterrânea abaixo da célula central, para isso foi utilizado a Equação 5.2.1.f. O gradiente hidráulico foi obtido a partir do posicionamento das linhas equipotenciais apresentadas no mapa de potenciometria detalhada da célula central (Figura 5.2.1.c), no qual foi obtido o valor de 10,8%. O valor de porosidade efetiva (n_e) foi baseado nos solos silte argiloso com pouca areia, e foi adotado o valor 18% (FETTER, 2001).

$$v = -K \frac{dh}{n_e dL} \quad (5.2.1.b)$$

A velocidade obtida da velocidade da água subterrânea ao redor da célula central é em torno de $2,2980 \cdot 10^{-4}$ cm/s, o que corresponde a $7,240 \cdot 10^{-3}$ cm/ano (convertido em metros, 72,470 m/ano).

5.3 – Análises Químicas das Águas Subterrânea e Superficial

Os resultados das análises químicas dos PM's (PM-01, PM-02, PM-03 PM-04, PM-05, PM-06, PM-07 e PM-014) ao longo dos anos de 2005 e 2006 foram apresentados na forma de gráfico para os elementos considerados relevantes.

5.3.1 - Águas Subterrâneas

Poços de Monitoramento (PM's)

Entre todos os parâmetros analisados, dezessete (17) deles apresentaram resultados acima dos valores orientadores, são eles: alumínio total, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, coliformes totais, coliformes fecais, cor, cromo total, dureza, ferro total, manganês total, mercúrio total, níquel total, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez.

Dentre esses resultados citados, oito foram apresentados na forma gráfica. São eles: alumínio total, chumbo total, coliformes totais, dureza, ferro total, manganês total, sólidos totais dissolvidos e sulfato (foi inserido cloreto por se tratar de um traçador em contexto de aterro sanitário). Também foram apresentados na forma gráfica os parâmetros: condutividade elétrica específica, cor, DQO, DBO, oxigênio dissolvido, pH, potencial redox e turbidez.

Alguns dos resultados que ultrapassaram os valores orientadores não foram apresentados na forma gráfica, ou porque esses valores estavam próximos dos orientadores, ou a alta concentração tenha sido um caso isolado, tanto espacialmente quanto temporalmente. Como o valor para os coliformes totais inclui os coliformes fecais, o último não foi apresentado na forma gráfica.

As datas de coletas foram: fevereiro, julho, setembro e dezembro de 2005; abril, junho, setembro e dezembro de 2006.

Os resultados das análises de alumínio (Figura 5.3.1.a) apresentaram um aumento da concentração ao longo do tempo, com destaques para os PM's 02, 04 e 14 com valores acima da média dos restantes dos PM's.

O chumbo (Figura 5.3.1.b) apresentou valores estáveis nos PM's ao longo das campanhas de amostragens, exceto nos PM's 01, 04 e 06. O PM-01 e PM-06 iniciaram com valores acima da média e na campanha seguinte (Julho/05) diminuíram para valores abaixo da detecção. Após essa data, no PM-06, o chumbo manteve-se com valores oscilando ao redor de 0,01mg/L até o final das campanhas; no PM-01 na campanha de setembro/05 e junho/05 houve uma elevação ao redor de 0,05 mg/L. No PM-04, manteve um comportamento homogêneo ao redor de 0,01 mg/L até junho/06, onde a concentração saltou para 0,05 mg/L e manteve uma curva decrescente até final das amostragens com 0,013 mg/L.

Figura 5.3.1.a – Concentração de alumínio total.

Figura 5.3.1.b – Concentração de chumbo total.

Os resultados de coliformes totais (Figura 5.3.1.c e Figura 5.3.1.d) apresentaram variações muito acentuadas nos seus valores.

Figura 5.3.1.c – Coliformes totais.

Figura 5.3.1.d - Coliformes totais.

O cloreto (Figura 5.3.1.e), na maioria dos poços, teve um aumento significativo em dezembro/05. O PM-07 (Figura 5.3.1.f), em todas as campanhas, apresentou teores acima dos restantes dos PM's e apresentou um comportamento que oscilava entre 5mg/L e 20 mg/L.

Figura 5.3.1.e – Concentração de cloreto.

Figura 5.3.1.f - Concentração de cloreto.

A dureza (Figura 5.3.1.g) apresentou um padrão de comportamento com o pico (máximo 150mg/L) no mês de setembro/05. Após o pico, os valores se estabilizaram em torno de 20mg/L. No PM-07 (Figura 5.3.1.h) a dureza não compartilhou do mesmo padrão de comportamento de outros poços e o valor de concentração, de forma geral, foi dez vezes maior do que o restante.

Figura 5.3.1.g – Concentração de dureza.

Figura 5.3.1.h - Concentração de dureza.

O resultado da análise de ferro total (Figura 5.3.1.p) apresentou um aumento da concentração ao longo do tempo em quase todos os PM's.

O manganês (Figura 5.3.1.q) apresentou-se estável com as concentrações abaixo de 0,5 mg/L em quase todas as amostras. Somente o PM-02 destacou-se por apresentar um padrão de aumento da concentração ao longo do tempo.

Figura 5.3.1.p – Concentração de ferro total.

Figura 5.3.1.q - Concentração de manganês total.

O sulfato (Figura 5.3.1.r) apresentou um comportamento heterogêneo nos PM's e os valores oscilaram entre próximo da detecção e 3 mg/L. A concentração do PM-07 (Figura 5.3.1.s) notadamente acima em relação aos demais PM's ultrapassou valores cem vezes maiores do que o restante das outras amostras.

Figura 5.3.1.r – Concentração de sulfato.

Figura 5.3.1.s - Concentração de sulfato.

O comportamento geral da concentração dos sólidos totais (Figura 5.3.1.t) é de leve queda ao longo do tempo de amostragem. Esse parâmetro manteve um padrão de comportamento semelhante em quase todas as amostras, exceto o PM-04 que teve um pico em setembro/06, saltou de 60 mg/L para 350 mg/L e a concentração do PM-07 (Figura 5.3.1.u) que o seu valor mínimo foi de 900 mg/L e máximo próximo de 1400 mg/L bem mais elevado do que o restante dos PM's.

Figura 5.3.1.t – Concentração de sólidos totais dissolvidos.

Figura 5.3.1.u - Concentração de sólidos totais dissolvidos.

A condutividade (Figura 5.3.1.v) apresentou uma certa homogeneidade entre as amostras e podemos dividi-las em três padrões de comportamento: dos poços de montante (PM-01, PM-06 e PM-14), os quais iniciaram com valores acima de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e diminuiram ao longo do tempo e, em abril/06 alcançaram a estabilidade em torno de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$; do restante dos poços que mantiveram estáveis com valores abaixo de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ desde o início das amostragens; e, o terceiro caso é o do PM-07 (Figura 5.3.1.x) com valores 50 mg/L e 1800 mg/L .

Figura 5.3.1.v – Condutividade elétrica específica à 25°C.

Figura 5.3.1.x - Condutividade elétrica específica.

Para o índice de cor (Figura 5.3.1.z), os PM's apresentaram valores e comportamento semelhantes entre si. O comportamento geral foi uma diminuição em junho/05 mantendo-se baixo até abril/06, onde os valores começam a aumentar.

A demanda química de oxigênio (DQO) (Figura 5.3.1.a.a) manteve-se relativamente estável em todas as amostras e em todos os poços, menos no caso do PM-05 que teve um valor acima do normal em dezembro/05.

A demanda biológica de oxigênio (DBO) (Figura 5.3.1.a.b) teve um comportamento bem heterogêneo e não manteve nenhum padrão em especial.

O oxigênio dissolvido (Figura 5.3.1.a.c) e potencial redox (Figura 5.3.1.a.e) começaram a ser analisados em 2006, e assim, os seus primeiros análises obtidas foram em abril/06. Os dois parâmetros possuem um comportamento semelhante, em todos os poços, em junho/06 há um comportamento ascendente em relação à abril/06, e uma queda em setembro/06, em dezembro novamente um aumento. O potencial redox é um parâmetro que reflete com o oxigênio, portanto essa correlação entre esses dois parâmetros era esperada.

O pH (Figura 5.3.1.a.d) manteve-se praticamente estável durante todo o tempo analisado e, em todos os poços.

A turbidez (Figura 5.3.1.a.f) manteve-se relativamente estável no comportamento, exceto no PM-04 que, na campanha de junho/06, ultrapassou o valor de 2500 NTU, onde a maioria dos valores não ultrapassou 500 NTU.

5.3.2 - Poços Provisórios (PP's) e Poço de Nascente Canalizada (PNC)

Como os PP's e PNC tiveram apenas uma campanha de coleta, os resultados foram apresentados na forma de tabela. Dos resultados obtidos, foram selecionados somente os parâmetros que apresentaram valores acima do nível de detecção. Em alguns casos, mesmo o parâmetro sendo detectado, o valor apresentado foi muito baixo e, por isso, não foi apresentado na tabela. Os resultados completos, com todos os parâmetros analisados, encontram-se em anexo.

Na tabela a seguir (Tabela 5.3.2.a), as cores azuis indicam que o resultado ultrapassou o valor intervenção CETESB, 2005 e/ou Portaria 518.

Tabela 5.3.2.a – Resultado das análises de PP's e PNC. Em azul, valores que ultrapassaram o valor de orientação. Data de coleta 18/01/2006. (N.R – Não Regulamentado, N.D – Não Detectado).

Parâmetros	Unidade	Identificação dos Poços					Padrão
		PP-1	PP-2	PP-3	PP-4	PNC	
Alumínio Total	mg/L	N.D	N.D	0,11	N.D	0,17	0,2
Bário Total	mg/L	0,024	0,024	0,016	0,013	0,15	0,7
Cloreto	mg/L	3,42	2,35	2,91	5,11	49,2	250
Coliformes Totais	NMP/100 ml	250	80	20	10	2	Ausência

Continua

Conclusão

Tabela 5.3.2.a – Resultado das análises de PP's e PNC. Data de coleta 18/01/2006.
(N.R – Não Regulamentado).

Condutividade Eletric. Especifica a 25 °C	uS/cm	36,8	24	28,3	25,4	<0,9	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
DBO	mg/L	4	8	N.D	6	9	N.R.
DQO	mg/L	38	29	19	47	58	N.R.
Dureza	mg/L	132	1,4	4,32	2,28	N.A	500
Ferro Total	mg/L	N.D	N.D	0,16	N.D	12,7	0,3
Fosfato Total	mg/L	0,15	32,5	19,3	16,8	0,34	N.R.
Fósforo Total	mg/L	0,05	0,05	0,14	0,04	0,11	N.R.
Magnésio	mg/L	1,74	0,08	0,86	N.D	N.A	N.R.
Manganês Total	mg/L	0,1	0,25	0,08	0,1	4,75	0,4
Nitrogênio Total	mg/L	0,95	0,91	1,19	0,95	35,6	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	7,5	7,5	8,9	6,1	3,2	N.R.
pH	N.A	7,12	5,64	6,68	5,42	5,65	N.R.
Potássio	mg/L	1,83	0,97	1,32	2,8	N.A	N.R.
Potencial Redox	mV	290,6	359	277	316	N.A	N.R.
Sódio	mg/L	2,55	2,77	3,21	3,14	N.A	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	17	12	13	13	254	1000
Sulfato	mg/L	<0,3	<0,3	11	<0,3	2	250
Zinco Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	5

Na tabela (Tabela 5.3.2.a), três parâmetros estão acima dos valores de intervenção da CETESB, 2005 e/ou Portaria 518: coliformes totais, o ferro total e manganês total.

5.3.3 - Águas Superficiais

Os resultados das análises das águas superficiais coletadas ao longo do curso d'água à jusante da célula central foram divididos em duas formas de apresentação. A primeira refere-se à concentração dos elementos químicos e medições de parâmetros ao longo do tempo; e a segunda, ao longo do curso d'água do PMAS-1 à PMAS-4. Os resultados que apresentaram valores acima do valor orientador (CONAMA,2005) foram: alumínio total, cor, fosfato total, fósforo total, manganês total, óleos e graxas e sólidos totais.

Águas Superficiais – Concentração ao Longo do Tempo

O Alumínio teve variações semelhantes nos pontos de coletas (Figura 5.3.3.a). Em julho/05, os valores estavam abaixo de 0,2 mg/L, mas aumentaram em setembro/05 para próximo de 0,4 mg/L. Mantiveram-se constantes até julho/06 quando diminuíram para ao redor de 0,2 mg/L; em setembro/06 todos os pontos aumentaram para próximos de 1 mg/L, por fim em novembro/06 houve a queda dos valores para próximo de 0,5 mg/L.

O cloreto (Figura 5.3.3.b), em todos os pontos de amostragem, apresentou um comportamento de diminuição acentuada na sua concentração em relação à coleta de julho/05 para setembro/05. Os valores iniciais eram acima de 100 mg/L nos PMAS 2, 3 e 4; e próximo de 40 mg/L para o PMAS-1. Na campanha seguinte as concentrações caíram para valores menores que 35 mg/L, destaque para o PMAS-4 que chegou a valores menores que 1mg/L. Nas coletas seguintes, os valores estabilizaram-se próximos a 20 mg/L, exceto no PMAS-1 onde teve um comportamento de diminuição ao longo do tempo.

O fósforo total (Figura 5.3.3.c) apresentou um padrão muito semelhante em todos os pontos de amostragem. Inicialmente com valores abaixo do valor de detecção e, em setembro/05 indo para valores acima de 50 mg/L, sendo que posteriormente, em

março/06, os valores diminuíram para menos de 1 mg/L e, continuaram assim até o fim das campanhas.

O fósforo total (Figura 5.3.3.d), em todas as amostras, apresentou valores quase idênticos nas duas primeiras campanhas. Os PMAS 01, 03 e 04 mantiveram com valores semelhantes até o fim das campanhas. Os valores no PMAS-2 diferenciou-se a partir da terceira campanha, mas na última campanha esse ponto a concentração estava próximo do restante dos pontos de coletas.

A concentração do manganês (Figura 5.3.3.e) apresentou um comportamento no PMAS-1 e PMAS-2 de certa oscilação e no PMAS-3 e PMAS-4 de valores estáveis.

Óleos e graxas (Figura 5.3.3.f) tiveram o mesmo comportamento nos PM's. Iniciaram com valor entre 2 mg/L e 8 mg/L, e em setembro/05 diminuíram para valores abaixo do valor de detecção. Nas campanhas seguintes de novembro/05, janeiro/06, março/06, tiveram um padrão de aumento e, em maio/06, ocorreu uma mudança no padrão atingindo o mínimo em setembro/06 para valores novamente abaixo do valor de detecção e, em novembro/06 houve uma tendência de aumento em todos pontos de amostragem onde atingiram valores entre 4 mg/L e 10 mg/L.

Figura 5.3.3.e – Concentração de manganês total.

Figura 5.3.3.f – Concentração de óleos e graxas.

O resultado de sólidos totais (Figura 5.3.3.g) teve um padrão homogêneo ao longo das campanhas em todos os pontos de amostragens. Em julho/05 iniciou-se com valores abaixo de 100 mg/L em todos os pontos e apresentou um aumento em setembro/05, mas com uma diminuição próxima aos valores iniciais em maio/06 sendo que, por fim, os valores aumentaram para valores próximos do ano anterior.

Figura 5.3.3.g – Concentração de Sólidos Totais.

Figura 5.3.3.h – Condutividade elétrica específica à 25⁰ C.

A condutividade (Figura 5.3.3.g) também apresentou um comportamento homogêneo nos pontos de amostragens. Os PMAS 2, 3 e 4 iniciaram com valores próximos de 200 uS/cm e, mantiveram-se estáveis até maio/06 quando houve um aumento para próximo de 250 uS/cm. Em setembro/06 o PMAS-2 atingiu o seu valor máximo (400 uS/cm) e diminuiu para 300 uS/cm em dezembro/06. Os PMAS-3 e 4

tiveram o seu pico máximo em dezembro/06 com valor próximo de 300 uS/cm. O PMAS-1 manteve os menores valores em todas as datas de amostragem, mas manteve o padrão de comportamento semelhante do restante dos pontos de amostragem.

O DBO (Figura 5.3.3.i) e o DQO (Figura 5.3.3.j) apresentam, nos PMAS-1, 2 e 3, um padrão semelhante. A diferença está nos valores (DQO máxima 50mg/L, DBO máximo 7 mg/L) sendo que o PMAS-4 não apresentou nenhum padrão comum entre os parâmetros.

O oxigênio dissolvido (Figura 5.3.3.l) manteve um comportamento relativamente constante em todos os pontos, exceto no PMAS-2 onde apresentou uma queda abrupta em dezembro/06.

O pH (Figura 5.3.3.m) manteve valor constante ao longo das campanhas em todos os PMAS.

Águas Superficiais –Concentração ao Longo do Curso d'água

Os gráficos a seguir foram configurados com a concentração no eixo vertical e os pontos de coletas no eixo horizontal. As linhas coloridas representam as datas de coletas. Essa forma de exposição dos resultados foi utilizada por facilitar a identificação do local onde ocorreram as alterações dos valores das concentrações.

O Alumínio (Figura 5.3.3.n) , nas campanhas de abril/06 e dezembro/06, apresentou concentrações praticamente constantes ao longo dos pontos de amostragens. No restante das campanhas, houve uma diminuição da concentração do PMAS-1 ao PMAS-2, aumento do PMAS-2 ao PMAS-3 e somente na campanha de junho/06 esse valor diminuiu, o restante das campanhas manteve-se aumentando até o PMAS-4.

A concentração de cloreto (Figura 5.3.3.o) teve um padrão de comportamento semelhante entre as datas, iniciou com valores abaixo de 10mg/L e, no PMAS-2 aumenta para próximo de 20 mg/L, mantêm-se ao redor desse valor em todas as datas, exceto em julho/05, onde iniciou próximo de 40 mg/L, aumentou para 150 mg/L no PMAS-2, diminuiu para 120 mg/L no PMAS-3 e no ultimo ponto teve a concentração de 130 mg/L.

Figura 5.3.3.n - Concentração de alumínio total.

Figura 5.3.3.o – Concentração de cloreto.

No caso do fosfato total, todas as campanhas mantiveram valores abaixo de 1 mg/L em todos os pontos de amostragens. Em setembro/05 a concentração de fosfato quase alcançou 90 mg/L no PMAS-1, diminuiu para 53 mg/L no PMAS-2 manteve-se constante no PMAS-3, e no PMAS-4 aumentou para 60 mg/L.

O fósforo total, nas campanhas de julho/05, junho/06 e dezembro/06, apresentaram comportamento constante, havendo apenas um pequeno aumento de concentração ao longo dos PMAS. A campanha de setembro/05 teve comportamento constante, mas com valores bem acima do restante das campanhas. As campanhas de abril/06 e setembro/06 tiveram comportamento heterogêneo.

Figura 5.3.3.p - Concentração de fosfato total.

Figura 5.3.3.q – Concentração de fósforo total.

O manganês (Figura 5.3.3.r) apresentou uma diminuição da concentração ao longo do curso d'água em quase todas as coletas, exceto em outubro/05, onde iniciou no PMAS-1 menor do que o valor de detecção e aumentou para 4 mg/L no PMAS-2.

Para óleos e graxas (Figura 5.3.3.s), todas as campanhas foram diferentes umas das outras. Na campanha de setembro/05 e setembro/06 em todos os PMAS as concentrações foram abaixo do valor de detecção.

A concentração de sólidos totais (Figura 5.3.3.t) teve um comportamento de aumento do PMAS-1 ao PMAS-2 e manteve-se até o PMAS-4 nessa faixa de valor, exceto as campanhas de abril/05 e setembro/05, onde iniciaram com valores mais altos no PMAS-1 e diminuíram no PMAS-2.

A condutividade elétrica específica à 25⁰ C (Figura 5.3.3.u) tiveram um padrão de comportamento semelhante em todas as datas: iniciaram com valores entre 50 e 100 uS/cm, aumentaram no PMAS-2 e mantiveram-se constantes.

Figura 5.3.3.t – Concentração de sólidos totais

Figura 5.3.3.u – Condutividade elétrica específica à 25^o C.

Para a DBO (Figura 5.3.3.v), os valores mantiveram-se abaixo de 10 mg/L, exceto em outubro/06, quando atingiram o ápice de >35 mg/L. A DQO (Figura 5.3.3.x) não apresentou padrão claro. Porém, nas datas abril/06, junho/06 e dezembro/06, os valores são ascendentes conforme segue para a jusante dos pontos de coleta.

Figura 5.3.3.v – Demanda bioquímica de oxigênio.

Figura 5.3.3.x – Demanda química de oxigênio.

O oxigênio dissolvido (Figura 5.3.3.z), em todas as datas e pontos, manteve-se constante, exceto no PMAS-2 em dezembro/06 quando o valor em torno de 9 mg/L diminui para abaixo do valor de detecção.

O pH (Figura 5.3.3.a.a), como nos casos anteriores, manteve-se constante próximo de 7.

6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados foi dividida em três partes: a primeira é referente ao balanço hídrico, onde foi relacionada a quantidade de água meteórica com a quantidade de lixiviado produzido no aterro. A segunda parte é a interpretação da hidrogeologia da área onde está localizada a célula central de disposição de resíduos. E, por fim, os resultados das análises químicas das águas subterrânea e superficial.

6.1 - Estimativa de Infiltração da Água Meteórica na Célula Central por Meio de Balanço Hídrico

Os valores de precipitação fornecidos pela operadora do aterro (Figura 5.1.a), comparados ao gráfico do balanço hídrico normal mensal (Figura 4.1.4.a) apresentam oscilações muito bruscas. Isso ocorre pelo fato de que os valores do balanço hídrico normal mensal são uma média dos valores da precipitação de vários anos (1941 a 1970); em consequência, os valores são suavizados. De forma geral, nos dois gráficos, manteve-se o padrão de intensidade pluviométrica ao longo do ano, onde o período de maior precipitação foi nos meses de outubro à março e de baixa precipitação nos meses de abril à setembro.

A produção de lixiviado, dividida em meses ao longo do ano de 2005 (Figura 5.1.b), apresentou uma diferença no padrão em relação ao comportamento da precipitação do mesmo ano (Figura 5.1.a). Entre outubro e março, quando a precipitação foi maior, a produção de lixiviado foi relativamente baixa; e, de abril a setembro, quando a precipitação foi menor, a produção de lixiviado foi maior. A produção de lixiviado possui uma correlação direta com a precipitação, e essa defasagem entre a entrada e saída de água do aterro sanitário provavelmente é devido à capacidade de saturação dos resíduos depositados no aterro.

A partir do balanço hídrico, foi realizada uma estimativa de comparação do volume de água que infiltra na célula central e a produção de lixiviado. O valor obtido na estimativa de infiltração no período de um ano hidrológico foi de 34.006 m^3 , valor muito próximo de produção de lixiviado no aterro sanitário (36.338 m^3). A diferença entre os valores foi de 6,42%.

6.2 - Modelo Hidrogeológico obtido

Com as medições de níveis d'água nos PM's, PP's e PNC, foram estabelecidas as linhas equipotenciais e a direção do fluxo da água subterrânea do aterro. Assim, pode-se indicar que toda a porção sudeste (ou seja, as áreas de montante) se caracteriza por zonas de recarga do aquífero, de característica livre. As porções norte e noroeste são áreas de jusante, caracterizadas como zonas de descarga. A direção de fluxo preferencial em todo o aterro é de sudeste para noroeste, com algumas variações de sul para norte no limite da célula central com a área de ampliação e no extremo leste da área.

Sob a célula central, a potenciometria identificada apresenta-se coerente ao padrão de fluxo geral do aterro imprimindo pequenas variações nas linhas equipotenciais a depender de sua posição em relação ao divisor de águas (nascente canalizada), mas mantendo a tendência geral de sudeste para noroeste.

No perfil estabelecido na célula central (Figura 5.2.b), na seção A-B entre PP-2 e PP-1, foi percebido que o nível d'água parece formar uma leve inflexão onde as linhas equipotenciais se juntam caracterizando uma mudança na tendência da água subterrânea; nas proximidades do PP-02, o nível d'água possui uma queda abrupta e suaviza mais à jusante nas proximidades do PP-1. Como a célula central funciona como uma estrutura confinante, devido às camadas de argila com baixa permeabilidade e duas camadas de geomenbrana, a água que se move abaixo da célula central deve ter infiltrado nas proximidades da área entre o PM-06 e PM-14 correspondendo assim a uma zona de recarga para a água à jusante da célula central (Figura 5.2.c e Figura 5.2.d).

As medições do nível d'água nos PM's ao longo dos anos de 2005 e 2006 mostraram uma correlação direta entre a pluviosidade (Figura 5.2.e) e oscilações do N.A nos poços com a água subterrânea próxima da superfície (Figura 5.2.f). Na época de alta taxa de pluviosidade, ocorreu a elevação do nível d'água e na época de estiagem, o rebaixamento. Essa correlação não ocorreu com os níveis d'água profundos (PM-06, 32m e PM-14, 31m) (Figura 5.2.g). No caso do PM-01, apesar do N.A ser relativamente profundo (28 m), este apresentou padrão semelhante ao dos poços rasos. A hipótese levantada é que o fenômeno é devido à baixa permeabilidade pontual, devido a heterogeneidade do material geológico e/ ou por não ser tão profundo como os PM's 06 e 14. .

6.2.1 – Valores Obtidos no Ensaio de Condutividade Tipo Slug e Velocidade da Água Subterrânea

O solo nas proximidades da célula central, caracterizado nas sondagens para as instalações dos poços, corresponde a silte argilosa com pouca areia fina. O resultado do teste de condutividade do tipo slug test ($K = 3,83 \cdot 10^{-4}$) realizado no PM-03 confirma a característica da fração do solo quanto à condutividade hidráulica (Figura 5.2.1.a).

A velocidade do fluxo da água subterrânea nas proximidades da célula central foi de 72,47 m/ano, sendo que a célula central, na sua extensão máxima na direção da água subterrânea, possui cerca de 400 metros. Considerando a velocidade do fluxo de 72 metros por ano, nesses cinco anos que o aterro está em atividade, o fluxo da água subterrânea caminhou em torno de 360 metros, ou seja, a água que infiltrou ao montante da célula central no início das atividades do aterro ainda não alcançou a zona de descarga. Nesse caso, se ocorreu algum problema no isolamento da célula central próximo a zona de recarga, existe a possibilidade de o lixiviado que tenha infiltrado no período inicial da operação da célula central ainda não ter alcançado a zona de descarga, e não ter sido por isso detectado nas coletas nos pontos à jusante da célula central.

6.3 - Análises Químicas das Águas Subterrânea e Superficial

6.3.1 - Águas Subterrâneas

Os resultados que tiveram valores acima do valor de orientação (CETESB, 2005 e Portaria 518, 2004) nos PM's analisados ao longo das campanhas de 2005 e 2006 são os de alumínio total, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, coliformes totais, cor, cromo total, dureza, ferro total, manganês total, mercúrio total, níquel total, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez.

Dentre todos os PM's, o PM-05 apresentou o menor número de resultados acima do valor orientador (coliformes totais, cor, ferro e turbidez), sendo que somente os coliformes totais apresentaram resultado duas vezes acima do valor orientador. Nesse PM, somente o resultado da DQO apresentou valores acima em relação a outros PM's ao longo das campanhas de amostragem. Esse resultado não reforça o restante dos resultados das análises químicas, uma vez que a Demanda Química de Oxigênio refere-se à quantidade de oxigênio que é necessária para oxidar a matéria orgânica

presente na água por meio de reações químicas, e o PM-05 foi o PM com a melhor qualidade de água subterrânea.

O PM-07 foi o que apresentou a pior qualidade dentre os PM's. Foram 11 resultados acima do padrão orientador utilizado: alumínio total, chumbo total, coliformes totais, cor, dureza, ferro total, manganês total, níquel total, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez, sendo que somente o manganês total e sólidos totais dissolvidos apresentaram valores menores do que duas vezes o valor orientador. O chumbo total e níquel total tiveram valor acima do orientador em apenas uma campanha, no restante das campanhas, apresentaram resultados abaixo dos valores de detecção das análises. Esses resultados levantam a hipótese que esse PM pertença a um fluxo distinto de água subterrânea da célula central e, em algum local à montante, existam focos de contaminação provavelmente resultado da deposição irregular de resíduos sólidos no passado.

O PM-02 foi o que apresentou maior quantidade de metais com concentrações acima do valor de orientação (alumínio total, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, ferro total, manganês total e mercúrio total). Além desses elementos, apresentaram-se acima dos padrões: coliformes totais, cor e turbidez. O PM-02 não está localizado na direção do fluxo da água subterrânea que passa pela célula central, o que indica que as concentrações dos elementos citados provêm de outra fonte, provavelmente da antiga disposição irregular.

O PM-04 apresentou elevadas concentrações, em relação a outros PM's que estão ao redor da célula central, de alumínio, cloreto, ferro, sólidos totais dissolvidos e sulfato, e os parâmetros cor e turbidez. Como no caso do PM-02, os elementos encontrados derivam provavelmente da antiga disposição irregular.

O cloreto apresentou padrão nos PM's, exceto o PM-07, com valores iniciais abaixo de 2mg/L que aumentaram em dezembro/05 finalizando em dezembr/06 próximo ao valor inicial. A época de maior concentração coincidiu com o período de alta

pluviosidade, conseqüentemente os níveis d'água subterrânea estavam altos, próximos da superfície, e essa maior quantidade de água deveria diluir o elemento baixando a sua concentração.

O resultado da cor coincidiu com o da pluviosidade; na época de alta quantidade de chuva apresentou menor medida do parâmetro cor, provavelmente diluídas devido ao aumento da quantidade de água no aquífero.

A condutividade elétrica específica à 25 °C nos PM's de montante (PM-01, PM-06 e PM-14) apresentou característica de afastamento de uma pluma de contaminação. Esses poços iniciaram com valores de condutividade altos os quais foram baixando gradativamente ao longo do tempo.

Em todos os pontos, foi detectada presença de coliformes totais. Essa presença é indicativa da existência de um depósito irregular de resíduos no terreno antes da construção do aterro e de que esses resíduos compunham matéria orgânica na sua composição.

6.3.2 - Poços Provisórios e PNC

Os valores obtidos nas análises de águas subterrâneas nos PP's estão em conformidade com os valores obtidos nos PM's no que diz respeito ao ferro total, manganês total e coliformes totais. Esses parâmetros apresentaram-se acima dos valores de orientação nos PM's e PP's. Entretanto, o valor dos coliformes totais no ponto PNC (2 NMP/100ml) foi o mais baixo dentre os pontos analisados incluindo os PP's . Além disso, os PP's como um todo, obtiveram valores bem abaixo em relação aos PM's, os quais alcançaram valores muito acima de 1000 NMP/100ml. Em todos os pontos, foi detectada presença de coliformes totais.

6.3.3 - Águas Superficiais

Concentração ao longo do tempo

A exposição dos resultados, das medidas de parâmetros e análises químicas da água superficial, que foram divididos em datas e pontos de coletas, teve um papel importante na interpretação de alguns fenômenos observados. Na situação onde os resultados foram organizados ao longo do tempo foi mais fácil observar o comportamento associado a fatores climáticos (época de estiagem e alta pluviometria).

Alguns resultados apresentaram padrões mais nítidos de comportamento. Foram eles: concentração de cloreto, fosfato total, óleos e graxas, sólidos totais, condutividade elétrica específica à 25⁰ C, oxigênio dissolvido e pH. Esses resultados foram divididos em três categorias, os que apresentaram um aumento pontual de concentração, os que apresentaram oscilações cíclicas, e os que se mantiveram estáveis ao longo das campanhas. Outros, tais como alumínio total, fósforo total manganês total, DBO e DQO, não apresentaram um padrão claro nos seus resultados.

O cloreto apresentou uma elevada concentração inicial e diminuiu já na campanha seguinte; esse comportamento levanta a hipótese de que houve um foco de contaminação e por algum motivo houve a sua interrupção. O cloreto é um elemento muito solúvel na água, o que explica o fato de que na segunda campanha a concentração estava estabilizada em valores que seguiram até o fim das coletas.

O comportamento do fosfato total é semelhante ao do cloreto, com uma elevação pontual de concentração. Entre julho/05 e setembro/05 houve um aumento de concentração repentina e, nas campanhas seguintes (novembro/05 e janeiro/06), os valores foram diminuindo. A velocidade da diminuição de concentração do fosfato foi menor do que a do cloreto; talvez isso se deva ao fato de o fosfato ser menos solúvel na água do que o cloreto.

Os sólidos totais apresentaram um comportamento da elevação e redução da sua concentração acompanhando a pluviosidade. Na época de maior pluviosidade, a concentração diminui e, na época de menor pluviosidade, a concentração aumenta. Esse padrão permite concluir que o que determina o seu comportamento é conduzido principalmente por fator natural.

Óleos e graxas tiveram uma diminuição na concentração nas campanhas de setembro/05 e setembro/06 e aumento de concentração de janeiro a maio de 2006. Esse comportamento permite interpretar que a concentração do contaminante pode estar relacionada com a pluviosidade, e também indica que sua fonte seja constante.

Como no caso anterior, a condutividade elétrica específica à 25⁰ C também está atrelada à pluviosidade, apresentando elevação do seu valor na época de estiagem e diminuição na época de maior pluviosidade.

O oxigênio dissolvido e o pH apresentaram padrão de comportamento estável ao longo das campanhas. No caso do oxigênio dissolvido, o PMAS-2 apresentou uma variação na concentração no final da campanha, mas no contexto geral manteve-se com valores relativamente constantes.

O restante dos resultados não apresentou padrões claros no seu comportamento ao longo das campanhas.

Concentração ao Longo do Curso d'água

Com a configuração dos gráficos, onde os pontos de coletas foram colocados no eixo horizontal e a concentração no eixo vertical, foi possível observar alguns padrões de comportamento que não foram possíveis de serem observados na configuração dos gráficos por datas no eixo horizontal. O gráfico que foi configurado por agrupamento ao longo do curso d'água facilitou a observação dos locais de perturbações da qualidade da água superficial nas datas de campanhas de coleta.

O cloreto apresentou uma elevada concentração em uma única data (julho/05) e diminuiu já na campanha seguinte. Esse comportamento levanta a hipótese de que houve um foco de contaminação e, por algum motivo, houve a sua interrupção. Todas as datas de coletas apresentaram aumento de concentração entre o PMAS-1 e PMAS-2, o que indica que o ponto onde ocorreu a contaminação da água superficial pelo cloreto encontra-se nesse trecho. Esse trecho fica próximo da área de coleta de lixiviado da célula central de disposição de resíduos, a provável fonte de contaminação por cloreto.

O comportamento do fosfato total também apresentou uma elevação pontual de concentração. Em setembro/05 houve um aumento de concentração, mas ao contrário do cloreto, o fosfato iniciou no PMAS-1 com valores elevados e no PMAS-2 teve uma redução, comportamento que indica que a contaminação ocorreu em um trecho do curso d'água anterior ao PMAS-1.

A condutividade elétrica específica à 25⁰ C apresentou uma elevação na medição do PMAS-2 em relação ao PMAS-1. Como no caso do cloreto, essa elevação indica que existe uma fonte de poluição da água superficial no trecho entre o PMAS-1 e PMAS-2.

A DBO apresentou uma elevação anômala do valor em uma única data (setembro/06). A alta ocorreu no trecho entre o PMAS-1 e PMAS-2, o que corrobora com o comportamento do cloreto e condutividade elétrica específico a 25 ⁰C na existência de uma fonte de contaminação nesse intervalo do curso d'água nessa data.

O restante dos resultados não apresentaram padrões claros e/ ou indicadores de comportamento ao longo do curso d'água.

7 – CONCLUSÕES

A estimativa de infiltração por meio de balanço hídrico na área da célula central de disposição de resíduos foi condizente com a produção de lixiviado do aterro. Essa produção de lixiviado no aterro estudado oscilou no decorrer do ano em relação à precipitação; existe uma defasagem entre a época de maior pluviosidade e a quantidade da produção de lixiviado na célula central. Isso leva a concluir que o material depositado retém a água e, com o decorrer do tempo, libera a água na forma de lixiviado.

O modelo hidrogeológico da área da célula central de disposição de resíduos é de aquífero de alta porosidade e baixa permeabilidade com a ausência de camadas com propriedades confinantes, ou seja, um aquífero livre. A área sul-sudeste da célula corresponde à zona de recarga e a região norte-noroeste à zona de descarga. Dessa forma, a água subterrânea possui a direção de sul-sudeste para norte-noroeste sendo esperado, em tese, que, no caso de uma contaminação na zona de montante, a pluma de contaminação siga essa direção.

O teste de condutividade do tipo Slug corroborou com o tipo de material geológico presente no local. Material predominantemente siltoso proveniente do intemperismo de rochas metamórficas micaxistos e/ ou metarenitos, gradando para filitos, que compõem o grupo de rochas da região. A velocidade do fluxo da água subterrânea obtida, sob a célula central, foi de 72,5 m/ano, condizente com a caracterização do aquífero no local do aterro.

Com os resultados das análises químicas das águas subterrâneas associados à hidrogeologia local foi evidenciado que o lixiviado produzido na célula central de disposição não participa da dinâmica hidrogeoquímica da água subterrânea devido, especialmente, aos parâmetros cloreto e condutividade elétrica obtidos em baixos valores em poços à jusante da célula central.

Muitos metais obtidos pontualmente nas análises da água subterrânea e a presença de contaminação por coliformes totais em toda área de estudo indicam que os resíduos depositados sem o devido cuidado antes da instalação do aterro, além de ainda atuarem como fonte de contaminação, também possuem variedade na sua composição.

A área fora do aterro, onde está localizado o PM-07, está inserida em outro contexto hidrogeológico uma vez que as concentrações apresentaram-se notadamente mais elevadas; o que leva à hipótese de que à montante do PM-07 tenha existido alguma disposição irregular de resíduos diferenciada em relação à área do aterro.

Os poços de montante comumente utilizados como background e que são a referência local da água não contaminada, não puderam ser utilizados com essa finalidade, uma vez que apresentaram resultados com teores maiores nos parâmetros ferro total, alumínio total e chumbo total, os quais não foram encontrados nos poços de jusante. Uma hipótese levantada é que na área a montante exista uma fonte de contaminação desses elementos e ao longo do percurso ocorra a diminuição da concentração desses elementos pela interação com o aquífero (adsorção, precipitação, dispersão).

Por meio das análises da água superficial, foram observados três padrões de comportamento dos parâmetros analisados na água superficial que passa à jusante da célula central: elevação pontual de concentração, oscilação cíclica, e valores constantes. Os exemplos nítidos de parâmetros que apresentaram elevação pontual foram o cloreto e o fosfato total; apresentaram oscilação cíclica os sólidos totais, óleos e graxas, e a condutividade elétrica específica a 25° C; e, por fim, foram constantes os valores de pH e oxigênio dissolvido. A partir destes dados, podemos inferir dois tipos de influências na água superficial. Um deles advém de uma fonte de contaminação pontual espacialmente e temporalmente causada provavelmente por um evento recente. Já a partir dos dados de oscilação cíclica, observamos que há uma fonte constante de

contaminação proveniente da água subterrânea à montante que serve de fonte para a água superficial causando as alterações mencionadas.

Pesquisar a contaminação de águas subterrâneas em locais onde estão instalados os aterros sanitários já é uma tarefa de elevada dificuldade por si só devido a grande gama de elementos potencialmente contaminantes que os resíduos ali depositados possuem. A situação é ainda mais grave quando esse terreno já foi palco de antigas disposições irregulares de resíduos sólidos de origem desconhecida. Esse trabalho refletiu essa dificuldade nos resultados das análises químicas que muitas vezes se apresentaram de maneira fora do padrão esperado.

8 - RECOMENDAÇÕES

Apoiando-se nas conclusões acima, recomenda-se espaçamento menor entre as campanhas de coleta com a finalidade de compreender os fenômenos hidrogeoquímicos que influenciam as concentrações dos elementos presentes nas águas subterrâneas e sua influência pela pluviosidade. E aumento da quantidade de PM's para encontrar e delimitar os possíveis focos de contaminações.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, C. S. (2002) **Modelo de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Contribuição ao Planejamento Urbano**. Rio Claro. 132p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004) **Resíduos sólidos – Classificação NBR – 10004**. Rio de Janeiro, ABNT. 71p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1992) **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Classificação NBR - 8419**. Rio de Janeiro, ABNT. 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA – ABGE (1998).
São Paulo – SP
- BAGCHI, A. (1994) **Design, construnction, and monitoring and landfill**. New York. John Wiley. 2.ed. 361p.
- BARROS H. L. (2004) **Estudo de Balanço Hídrico em Aterro Sanitário por Meio de Lisímetros de Grandes Dimensões**. Viçosa. 93p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.
- BIGARELLA J. J. (2003) **Estruturas e Origens das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol. III. Florianópolis. Editora da UFSC. 1436p.
- CARVALHO, G. C. (1995) **Química Moderna 2**. São Paulo. Editora Scipione. 485p.
- CLEARY, R. W. (1989) **Águas Subterrâneas**. Engenharia Hidrológica, cap 5, v. 2. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Ed. UFRJ. Rio de Janeiro. 293-404p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (1999) **Amostragem e Monitoramento das Águas Subterrâneas – Norma CETESB, 1988.** (Atualizado 1999). São Paulo. CETESB. 32p. (Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em: 10 Ago 2007).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (2005) **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo. (Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em: 05 junho 2006).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (2006) **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares – Série Relatórios.** São Paulo. CETESB. 77p. (Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em: 11 Dezembro 2007).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2005). **Resolução CONAMA nº 357 Valores Orientadores para Águas Superficiais.** Brasília. Ministério do Meio Ambiente. 23p. (Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama> >. Acesso em: 07 Outubro 2006).

CUSSIOL, N. A. M.; ROCHA, G.H.T.; LANGE, L. C. **Quantificação dos Resíduos Potencialmente Infectantes Presentes nos Resíduos Sólidos Urbanos da Regional Sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.** Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro. vol. 22. Nº 6. 1183-1191p. 2006. (Disponível <<http://www.scielosp.org> >. Acesso em: 15 de dezembro de 2007).

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE **Sistema de informações para gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH.** (Disponível <<http://www.sigrh.sp.gov.br> >. Acesso em: 05 de abril de 2006).

- DEUTSCH, W. J. (1997) **Groundwater Geochemistry – Fundamentals and Applications to Contamination**. Florida, LEWIS PUBLISHERS. 221p.
- ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V. **Caracterização Geofísica de Áreas Utilizadas para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 32. Nº 1. 119-134p. 2002. (Disponível <<http://ojs.c3sl.ufpr.br>> Acesso em 10 de dezembro de 2007).
- ELLERT, N.; GREENHOUSE, J.; WILLIAMS, M.M.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. (1986) **A geofísica aplicada na identificação da poluição do subsolo por depósitos de rejeitos urbanos e industriais**. In Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 4. Brasília. Anais. ABAS. 528-532p.
- EZAKI, S. (2004) **Íons de Metais Pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) Associados a Solos de Cobertura de Resíduos Sólidos em Dois Aterros Sanitários da Região Metropolitana de São Paulo - SP**. São Paulo. 123p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FETTER, C. W. (2001) **Applied Hydrogeology**. New Jersey, Prentice Hall. 598p.
- FREEZE, A.R.; CHERRY, J. A (1979) **Groundwater**. New Jersey, Prentice Hall. 604p.
- GONÇALVES, A.R.L.; BOSSOLAN, N.R.S.; ORLANDO, M.J.G. (199) **Determinação da direção do fluxo freático no aterro de São Carlos**. In Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 7. Belo Horizonte. Anais. ABAS. 114-118p.
- HASSUDA, S. (1997) **Critério para Gestão de Áreas Suspeitas ou Contaminadas por Resíduos Sólidos – Estudo de Caso na Região Metropolitana de São**

Paulo. São Paulo, 142p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1977) **Geografia do Brasil – Região Sudeste.** Rio de Janeiro. IBGE. Volume 3. 667pag.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2002) **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.** Rio de Janeiro. Não paginado. (Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Jun 2007).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO – IPT. (1981) **Mapa Geológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000.** São Paulo, IPT/DMGA, 2. v. (Monografia IPT, 6).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO – IPT. (2000) **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** São Paulo, IPT/CEMPRE, 370p. 2. ed. (Publicação IPT 2622).

KEHEW, A. E. (2001) **Applied Chemical Hydrogeology.** New Jersey. Prentice Hall. 368p.

LIMA L. M. Q. (1988) **Estudo Comparativo da Recirculação de Chorume na Aceleração da Metanogênese em Aterro Sanitário.** São Carlos. 226p. Tese (Doutoramento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2005) **Portaria MS nº 518/2004.** Brasília – DF. Editora MS. 30p. Série E. Legislação de Saúde. (Disponível <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 20 de Março de 2006).

- MORAIS, J. L.; SIRTORI, C.; PERALTA-ZAMORA, P. G. (2006) **Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário por Fotocatálise Heterogêneo Integrada a Processo Biológico Convencional**. Química Nova. Vol. 29. Nº 1. p. 20-23. (Disponível < <http://www.scielo.br/scielo.php> > Acesso em 10 de dezembro de 2007).
- MOURA, C. L. (2008) **Íons Metálicos (Al, Fe, Mn e Pb) Associados a Aterros (Sanitário e Industrial) no Município de Tremembé/SP**. São Paulo, 122p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- NASCIMENTO, S.C (2002) **Influência dos Resíduos Sólidos Contendo Mn, Zn, Cu, Cr e Pb na Qualidade do Sistema Água/Solo/Sedimento do Córrego da Anta – São José do Rio Preto – SP**. São Paulo, 88p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, E. (1992) **Contaminação de Aquíferos por Hidrocarbonetos Provenientes de Vazamentos de Tanques de Armazenamento Subterrâneo**. São Paulo. 112p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA A. M. S.; BRITO S. N. A. (Editores) (1998) **Geologia de Engenharia**. São Paulo. ABGE/CNPQ/FAPESP. 586p.
- PARISOT, E. H.; GUIGER Jr. N.; REBOUÇAS, A. C.; CABRAL Jr. D.; DUARTE, U. (1985) **Monitoramento das Águas subterrâneas Adjacentes no Aterro Sanitário de Taubaté, SP – Primeiros Resultados**. Boletim IG-USP. Série Científica. v.16. 32-45p. Instituto de Geociências.
- PEDE M. A. Z. (2004) **Caracterização da Condutividade Hidráulica do Embasamento Cristalino Alterado Saturado na Região Metropolitana de São**

Paulo. São Carlos. 83p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

QASIM, S.R.; CHIANG, W. (1994) **Sanitary Landfill Leachate Generation, Control and Treatment.** Lancaster, Technomic Publishing Company. 339p.

RODRIGUES, C. L. (2002) **Influência da disposição de resíduos sólidos domésticos e infiltração do chorume na região do lixão de Ilhabela-SP.** São Paulo. 98p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ROSS, J. L. S. (1997) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** (Escala 1:500.000). São Paulo: FFLCH/USP/IPT/FAPESP, (Mapa).

ROSS, J. L. S. (1997) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** (Escala 1:500.000). São Paulo: FFLCH/USP/IPT/FAPESP, 2v. (Texto explicativo).

SANTOS, M. G. F. (2001) **O Impacto na Qualidade das Águas Subterrâneas Gerado pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Tatuí - SP.** São Paulo. 88p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SABESP/CEPAS/IGUSP (1994) **Diagnóstico hidrogeológico da região metropolitana de São Paulo.** Diagnóstico final. Convênio SABESP/CEPAS/IGUSP. São Paulo. 115p.

SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE – SVMA. (2004) **GEO Cidade de São Paulo – Panorama do Meio Ambiente Urbano.** São Paulo – SP. SVMA/IPT/PNUMA/PMSP. 204p.

- SCUDINO, P. C. B. (1992) **Avaliação hidrogeológica em áreas de disposição de resíduos sólidos, com risco de poluição de aquíferos.** In Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 7. Belo Horizonte. Anais. ABAS. 128-135p.
- SENTELHAS P. C. *et al.* (1998) **BHBRASIL – Balanço Hídrico Climatológicos de 500 Localidades Brasileiras.** Piracicaba - SP. ESALQ – Universidade de São Paulo. 7p.
- SILVA F. A. N. (2001) **Avaliação Ambiental Preliminar de Antigas Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de São Paulo.** São Paulo. 104p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- STOLLENWERK K. G.; COLMAM J. A. (2004) **Natural Remediation of Arsenic Contaminated Ground Water Associated With Landfill Leachate.** US Geological Survey. Denver. Fact Sheet 2004-3057p.
- TANDEL, R. Y. (1998) **Contribuição ao Estudo da Poluição Provocada no Aquífero Freático e no Solo pelo Aterro Controlado da Cidade de Rio Claro, SP.** São Paulo, 143p. Tese (Doutoramento) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- TUCCI, C. E. M. (Org.) (1993) **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre. ABRH/EDUSP/. 943p. (Coleção de ABRH de Recursos Hídricos, 4).

ANEXO

Legenda – Análises químicas da água subterrânea

(*1) VI – Valores de intervenção para água subterrânea (CETESB, 2005).

(*3) Portaria nº518, de 25 de março de 2004 .

(*5) Valor máximo permitido (VMP) para água para consumo humano.

(*7) Somatória para DDT-DDD-DDE.

(*4) Cianeto Livre.

(*6) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

N.R. = Não Regulamentado.

N.A = Não Analisado.

Legenda – Análises químicas da água superficial

(*1) Conselho Nacional do Meio Ambiente - resolução 357 (mar-05) - Classe III

(*2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

(*3) p,p' - DDT + p,p' - DDE + p,p' - DDD

N.R. = Não Regulamentado

N.A = Não analisado.

ÁGUA SUBTERRÂNEA

Parâmetros - PM-01	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.D.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽⁹⁾
2,4,5 N.D.T	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.D.TP	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.D Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000002	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,46	0,41	1,04	1,98	0,72	1,53	1,92	1,27	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	N.D	0,03	0,14	0,09	0,02	0,09	0,03	0,355	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbanil	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,16	N.D	0,056	N.D	N.D	0,05	0,01	0,0011	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07 ⁽⁸⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	N.D	1,52	1,16	0,3	1,7	1,539	2,0736	1,1845	250 ⁽⁸⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	0,017	0,02	N.D	0,051	0,009	0,0054	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	4	Ausente	Ausente	Ausente	40	2800	Ausente	Ausente	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	240	N.A	N.A	N.A	130	16000	5	Ausente	Ausência ⁽⁹⁾
Condutividade Eletic. Específica a 25 °C	uS/cm	150	101,5	83	55,9	31,7	20,5	23	17	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	50000	130000	N.A	N.A	100000	137500	108000	95000	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁹⁾	212	N.D	25	N.D	260	1090	656	251	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,004	0,057	0,01	0,0051	0,05
DBO	mg/L	7	N.D	N.D	14	5	17	17	7	N.R.
DDE	mg/L		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Defergentes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽⁹⁾
DOO	mg/L	14	N.D	11	229	24	56	39	29	N.R.
Dureza	mg/L	70	28,2	172	22,2	11	11	10	3,66	500 ⁽⁸⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽⁸⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,23	0,38	0,52	1,93	2,81	106	11,8	7,907	0,3

Parâmetros - PM-01	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,06	0,13	<0,3	<0,3	<0,1	0,011	0,0324	N.D	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	<0,05	4,00	<0,02	0,93	0,039	0,088	N.D	0,012	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,28	N.D	0,1	1,88	2,39	0,035	0,055	N.R.
Gulion	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	0,00002	0,00002	0,00002	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	0,66	0,24	0,22	0,6	0,167	0,29	0,238	0,069	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Mânganes Total	mg/L	0,46	N.D	0,6	0,53	0,35	0,67	0,52	0,3368	0,4
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	0,01	0,02	0,003	0,034	0,008	0,0052	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	<0,07	0,92	0,36	1,1	N.D	0,07	N.D	N.D	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	1,13	2,01	N.D	N.R.
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,4	0,015	N.D	0,0007	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,3	N.D	N.D	N.D	0,017	0,0334	0,0242	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	1,351	0,81	1,24	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.D	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ⁽³⁾
Óleos e Graxas	mg/L	10	6,4	2,4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	4,6	5	6,9	8	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.D	6,77	6,34	6,5	6,23	5,71	5,7	5,64	5,54	N.R.
Potássio	mg/L	1,01	0,52	0,92	0,81	0,46	1,52	N.D	0,38	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	130	95	64	102	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	23	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	2,81	2,01	3,12	0,43	1,46	1,85	2,59	0,41	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	100	N.A	90	42	20	78	15	18	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	0,61	0,56	1	N.D	0,122	N.D	0,1534	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	21	20	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	23,5	16	27	26	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	25	216	722	291	281	273	176	98,6	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,17	0,01	0,064	0,03	0,03	0,06	0,04	0,05	5

Parâmetros - PM-02	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.D D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽³⁾
2,4,5 N.DT	mg/L	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.DTP	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.D Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,21	0,28	0,043	7,48	0,63	0,53	9,6	0,737	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	0,04	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	<0,1	0,003	0,066	0,8	N.D	N.D	0,05	0,113	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzo(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	0,004	N.D	0,004	2,09	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	N.D	0,006	0,011 ⁽⁷⁾	N.D	N.D	N.D	0,01	0,0125	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,011	0,002	N.D	N.D	0,07 ⁽³⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	N.D	0,74	0,74	3,95	1	0,99	1,3373	1,3079	250 ⁽³⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	0,023	0,03	0,001	N.D	0,016	0,0017	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	Ausentes	N.A	N.A	N.A	Ausente	Ausente	Ausente	230	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	93,00	N.A	N.A	N.A	300	23	Ausente	3000	Ausência ⁽⁵⁾
Condutividade Eletric. Específica a 25 °C	uS/cm	18	14,3	12,8	27,4	24	24,5	30	63	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	1300000	N.A	N.A	N.A	14000	60	5	11930	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	42	N.D	5	N.D	16	11	982	69	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	<0,05	N.D	N.D	0,013	N.D	N.D	0,024	0,0041	0,05
DBO	mg/L	2,00	7,00	4,00	6,00	2	6	3	1	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
DQO	mg/L	11	53	32	84	19	N.D	23	14	N.R.
Dureza	mg/L	5	4,4	78,8	25,2	9	7,4	18	14,9	500 ⁽³⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,06	0,24	1,16	14,6	2,15	6,3	20,4	4,667	0,3

Parâmetros - PM-02	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,12	0,17	<0,3	<0,3	<0,1	0,047	0,1005	0,028	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	<0,05	3,80	<0,02	0,26	<0,011	<0,011	0,02	0,01	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,714	N.D	0,03	N.D	N.R.
Gulion	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.D	N.D	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	1,29	1,02	1,3	3,97	0,793	0,929	2,96	1,19	N.R.
Malation	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Manganes Total	mg/L	0,46	0,06	N.D	0,63	0,34	0,6	1,82	3,05	0,4
Mercurio Total	mg/L	0,004	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,014	0,003	0,003	0,015	0,0027	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	<0,07	0,522	0,522	1,94	N.D	0,04	0,26	0,025	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	0,71	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,08	0,33	0,32	0,26	N.R.
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0035	0,002	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,2	N.D	0,3	0,1	0,007	0,008	0,0798	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	0,831	1,04	2,04	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.D	Inodora	N.A	N.A	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ^(*)
Óleos e Graxas	mg/L	N.D	6,8	2,4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	3	3,6	0,2	8	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.D	5,75	5,7	5,6	6	5,91	5,91	5,74	6,45	N.R.
Potássio	mg/L	0,83	0,79	1,1	2,48	1,33	0,63	N.D	1,03	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	76	57	66	109	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	1100	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	1,45	0,45	0,44	N.D	0,51	0,93	0,81	0,69	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	45	11	43	27	45	30	14	40	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	0,31	N.D	1	2	1,897	1,8181	2,8347	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	22	17	22	26	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	23	18	24	30	N.R.
Tetracloreto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloretoeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	8	23,1	84	19	56,4	3,06	322	11,8	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,2	0,02	0,043	0,07	0,27	0,06	0,16	1	5

Parâmetros - PM-03	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽³⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.R.	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.R.	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.R.	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000004	N.D	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,38	0,1	0,17	0,55	1,02	1,1	1,31	2,274	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	<0,1	0,03	0,044	0,04	0,02	0,03	0,03	0,0165	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,004	0,0034	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0023	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,007	N.D	N.D	N.D	0,07 ⁽³⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	N.D	0,64	0,65	2,05	0,6	0,481	0,6595	2,6387	250 ⁽³⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,01	0,001	0,004	0,008	0,0044	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	Ausentes	N.A	N.A	N.A	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausente	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	4,00	N.A	N.A	N.A	40	Ausentes	1300	2400	Ausência ⁽³⁾
Condutividade Elettric. Especifica a 25°C	uS/cm	12	10	9,4	6,7	7,87	7,39	9,1	25	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	2500000				160000	200	490	92500	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	42	N.D	5	N.D	12	18	123	118	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,004	0,0041	0,05
DBO	mg/L	N.D	N.D	15,00	5,00	6	2	4	10	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
DQO	mg/L	5	15	85	80	41	5	N.D	38	N.R.
Dureza	mg/L	1	1,15	87,1	0,09	2	2,2	3	2,76	500 ⁽³⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,16	0,19	0,29	0,81	1,45	2,1	3,67	3,617	0,3

Parâmetros - PM-03	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,08	0,13	N.D	N.D	N.D	0,022	0,0714	N.D	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	N.D	8,20	N.D	0,24	N.D	N.D	0,02	N.D	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,04	N.D	0,02	N.D	0,046	0,09	N.D	N.R.
Gulion	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	0,41	0,2	N.D	0,21	0,288	0,343	0,038	0,393	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Mânganes Total	mg/L	0,12	0,08	N.D	0,07	0,06	0,066	0,09	0,0948	0,4
Mercurio Total	mg/L	0,004	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0025	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	N.D	0,36	0,32	1,04	0,11	N.D	N.D	N.D	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,14	N.D	0,08	0,05	N.R.
Nitrogênio Nítrito	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,2	N.D	0,4	N.D	0,008	0,0337	0,87	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	0,74	0,45	1,13	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ^(*)
Óleos e Graxas	mg/L	N.D	1,4	0,8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	3	4	0,6	19	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	5,31	5,4	5,47	5,5	5,02	5,32	5,21	5,25	N.R.
Potássio	mg/L	0,8	0,7	0,74	0,91	0,55	0,81	N.D	0,97	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	71	100	63	141	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	9	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	1,29	0,6	0,54	N.D	0,72	1,18	0,63	0,93	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	44	9	49	13	12	27	18	19	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1,2067	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	21,5	19	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	25	15	22	26	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	5	45,4	134	20	30,6	20	42,4	37,6	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,17	0,02	N.D	0,02	0,03	0,01	0,002	0,06	5

Parâmetros - PM-04	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽³⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000008	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,41	0,91	0,36	1,83	0,16	83	11,4	18,38	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	<0,1	0,02	0,026	0,02	N.D	0,1	0,03	0,0338	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,004	0,011	0,011	N.D	0,05	0,03	0,0132	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07 ⁽³⁾
Ciordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	1,5	3,44	2,82	5,28	6,7	3,626	3,506	3,461	250 ⁽³⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,073	0,018	0,0152	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	Ausentes	N.A	N.A	N.A	20	Ausentes	Ausentes	40	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	43,00	N.A	N.A	N.A	700	16000	3000	1300	Ausência ⁽⁵⁾
Condutividade Elettric. Especifica a 25 °C	uS/cm	31	29	27,3	27,9	31,9	22,3	23	24	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	2500000	N.A	N.A	N.A	16400	63750	25770	72500	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	16	5	N.D	N.D	7	635	2400	2130	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,115	0,034	0,0238	0,05
DBO	mg/L	4,00	19,00	3,00	5,00	7	19	5	12	N.R.
DDE	mg/L	N.A	<0,0002	<0,0002	<0,0002	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
DQO	mg/L	12	44	27	90	57	67	52	40	N.R.
Dureza	mg/L	1	4,2	88,7	5,09	6	9,1	7	2,76	500 ⁽³⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,34	0,72	0,64	1,04	0,245	141	17,7	22,48	0,3

Parâmetros - PM-04	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	<0,05	<0,07	<0,3	<0,3	N.D	0,006	0,0554	N.D	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	<0,05	2,74	<0,02	0,43	N.D	0,081	N.D	N.D	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,32	N.D	0,02	N.D	1,54	0,21	N.D	N.R.
Gutition	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	0,94	0,71	0,61	0,71	0,774	1,66	0,951	0,672	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Mânganes Total	mg/L	0,12	0,23	0,096	0,13	0,163	0,601	0,26	0,1848	0,4
Mercurio Total	mg/L	0,003	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,032	0,012	0,0089	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	<0,07	0,655	0,45	1,21	0,05	0,17	0,06	N.D	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogenio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,11	3,33	2,42	0,07	N.R.
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,002	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,3	0,14	0,6	0,2	1,125	0,1354	0,1364	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	1,072	0,72	1,23	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ⁽³⁾
Óleos e Graxas	mg/L	N.D	5,2	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	3	5	1,9	7	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	5,02	5,7	5,45	5,16	4,93	5,15	5,25	5,16	N.R.
Potássio	mg/L	1,46	1,61	1,62	1,4	1,63	1,31	N.D	1,99	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	79	104	80	150	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	460	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	3,01	2,17	2,73	1,62	4,04	2,09	1,79	1,25	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	80	23	38	26	61	69	330	31	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	2	1,73	N.D	3	2,237	1,0249	2,4199	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	22,5	18	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	25	16	21	26	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	2	688	210	72	6,17	2700	581	565	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,17	0,02	0,013	0,07	0,03	0,05	0,05	0,07	5

Parâmetros - PM-05	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽³⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,26	N.D	0,15	0,24	0,1	0,07	0,03	N.D	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	<0,1	0,01	0,02	0,02	N.D	0,02	0,02	0,012	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	N.D	0,07 ⁽³⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	N.D	0,62	0,8	2,82	N.D	0,524	1,1568	1,1427	250 ⁽³⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001	0,002	0,0013	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	1	Ausentes	Ausentes	Ausentes	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	4,00	9,00	9,00	9,00	220	12	1700	1300	Ausência ⁽³⁾
Condutividade Elétric. Específica a 25°C	uS/cm	50	46,2	46,3	42,8	32,8	29,1	40	44	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	4800000	N.A	N.A	N.A	137500	26900	32310	80000	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	26	9	N.D	N.D	23	4	16	8	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0004	0,05
DBO	mg/L	4,00	3,00	3,00	12,00	2	4	6	4	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
DQO	mg/L	24	21	17	200	19	N.D	18	22	N.R.
Dureza	mg/L	20	15,5	126	15,9	14	16	19	11,9	500 ⁽³⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,004	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,22	0,12	0,17	0,29	0,17	0,361	0,297	0,075	0,3

Parâmetros - PM-05	Unidade									Padrão
		28/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	6/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,12	0,22	N.D	N.D	2	0,091	0,1973	0,0951	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,57	N.D	N.D	0,01	N.D	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,04	N.D	N.D	N.D	0,025	N.D	N.D	N.R.
Gulion	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	4,95	3,1	2,24	3,14	2,5	2,92	3,21	2,04	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Mânganes Total	mg/L	N.D	0,05	0,042	0,06	N.D	0,068	0,15	0,0094	0,4
Mercurio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003	0,0005	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	N.D	0,545	0,37	1,27	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogenio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,13	N.D	0,18	N.D	N.R.
Nitrogênio Nítrito	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	0,1	N.D	0,1	N.D	N.D	0,0047	0,0047	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	0,761	0,81	1,33	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ^(*)
Óleos e Graxas	mg/L	N.D	3,2	1,2	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	4,8	4	2,7	5,8	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	6,22	6,2	6,3	6,33	5,86	6,14	6,18	6,34	N.R.
Potássio	mg/L	1,58	1,41	1,49	1,46	1,04	1,46	N.D	0,99	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	62	80	63	111	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	1100	460	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	2,15	1,02	0,85	0,8	0,98	1,21	0,94	0,42	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	45	38	53	34	N.D	65	41	27	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	0,58	0,63	1	N.D	0,349	N.D	0,0654	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	21	16	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	23,5	14	22	26	N.R.
Tetracloro de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	3	3,79	9	4	3,41	3,68	3,39	1,67	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,28	N.D	N.D	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	5

Parâmetros - PM-06	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽²⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.R.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005	0,000004	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,14	0,1	0,35	0,86	0,54	0,25	0,3	0,545	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	N.D	0,04	0,045	0,05	N.D	N.D	N.D	0,0116	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0046	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,12	N.D	N.D	0,013	0,01	0,01	N.D	0,0044	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,007	N.D	N.D	N.D	0,07 ⁽²⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001	0,000001	0,0002 ⁽²⁾
Cloreto	mg/L	1	1,86	1,31	2,12	N.D	1,623	1,4884	1,5175	250 ⁽²⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001	0,003	0,002	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	Ausentes	N.A	N.A	N.A	Ausente	230	Ausentes	4	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	4,00	N.A	N.A	N.A	Ausente	9000	130	50000	Ausência ⁽²⁾
Condutividade Eletric. Específica a 25 °C	uS/cm	217	185,5	170	109,4	34,9	32,8	36	31	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	430	N.A	N.A	N.A	1000	25000	91250	65000	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	150	14	N.D	N.D	58	53	107	103	15 ⁽²⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0004	0,05
DBO	mg/L	6,00	4,00	7,00	7,00	9	6	10	6	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽²⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽²⁾
DQO	mg/L	22	36	53	64	39	24	20	11	N.R.
Dureza	mg/L	93	3,2	147	46,5	N.D	8,8	10	6,18	500 ⁽²⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽²⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,005	N.D	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,1	0,15	0,25	0,47	0,639	0,719	1,4	1,357	0,3

Parâmetros - PM-06	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,12	0,19	N.D	N.D	N.D	0,03	0,0376	0,0233	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	N.D	3,00	N.D	N.D	N.D	0,013	0,025	0,012	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,9	N.D	0,037	2,31	0,017	N.R.
Gutíon	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	0,65	0,61	0,11	0,33	0,265	0,212	0,207	0,178	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Manganes Total	mg/L	0,29	0,3	0,026	0,15	0,15	0,092	0,11	0,0888	0,4
Merúrio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0014	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	<0,07	0,45	0,32	1,44	0,06	0,05	0,04	0,006	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogenio Kjeldahl	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,38	0,2	5,37	0,13	N.R.
Nitrogênio Nitrilo	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,002	0,016	N.D	N.D	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	N.D	0,4	0,5	N.D	0,003	N.D	0,0083	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	0,71	0,94	1,54	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetavel ⁽³⁾
Óleos e Graxas	mg/L	96	4,8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	1,8	5	1,9	4	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	7,04	6,7	6,67	6,62	5,67	5,85	5,7	5,37	N.R.
Potássio	mg/L	0,96	0,55	N.D	0,56	0,25	0,18	N.D	0,18	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	69	62	57	112	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	7,14	6,18	3,25	1,72	3,22	3,02	6,09	2,78	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	136	146	116	78	84	84	52	20	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	0,3	0,71	N.D	N.D	0,211	N.D	0,752	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	21,5	20	22	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	24	16	26	26	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0004	0,0012	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹¹⁾	18	64,4	124	145	22,2	10	17,2	21	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,12	N.D	N.D	0,05	0,03	0,01	0,02	0,05	5

Parâmetros - PM-07	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	18/7/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽²⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,18	N.D	0,13	1,27	N.A	0,15	1,05	3,244	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	N.D	0,09	0,17	0,09	N.A	0,11	0,11	0,0941	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,04	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,07 ⁽²⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽²⁾
Cloreto	mg/L	15	3	12	2,12	N.A	11,409	20,803	10,981	250 ⁽²⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	0,002	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,01	N.A	0,004	0,003	0,0047	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	460,00	N.A	N.A	N.A	N.A	Ausente	12	40	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	1100,00	N.A	N.A	N.A	N.A	90000	20	9000	Ausência ⁽²⁾
Condutividade Eletric. Específica a 25 °C	uS/cm	1230	1356	1641	109	N.A	1796	1329	1564	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	12000000	N.A	N.A	N.A	N.A	95000	3350	13460	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	51	10	N.D	N.D	N.A	51	168	161	15 ⁽²⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	0,0016	0,05
DBO	mg/L	3,00	6,00	4,00	7,00	N.A	5	5	3	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽²⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽²⁾
DQO	mg/L	26	45	35	61	N.A	15	23	11	N.R.
Dureza	mg/L	700	682	930	674	N.A	1320	589	414	500 ⁽²⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽²⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,004	N.A	N.D	N.D	N.D	0,14
Ferro Total	mg/L	0,29	1,87	0,57	3,5	N.A	0,692	2,95	4,697	0,3

Parâmetros - PM-07	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	18/7/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,35	0,49	N.D	N.D	N.A	0,227	0,3851	0,2936	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	N.D	2,93	N.D	0,50	N.A	N.D	0,03	0,095	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,04	N.D	0,06	N.A	0,036	0,611	0,245	N.R.
Gutition	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	50,4	33,3	43,5	35,6	N.A	37,8	35,1	26	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Mânganes Total	mg/L	0,15	0,28	0,37	0,31	N.A	0,41	0,32	0,3726	0,4
Mercurio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	1,46	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	0,0024	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	N.D	0,6	0,95	2,02	N.A	0,42	0,41	0,024	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogenio Kjeldahl	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,63	9,59	1,38	N.R.
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,03	N.D	N.D	0,004	N.A	0,005	0,0025	0,0048	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,4	N.A	0,015	0,0155	0,0035	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	1,57	1,67	2,95	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetavel ⁽³⁾
Óleos e Graxas	mg/L	12	3,6	1,2	N.D	N.A	16	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2	2,9	5,2	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	5,88	6,94	6,89	7,05	N.A	6,94	7,23	7,21	N.R.
Potássio	mg/L	37,1	31	35,5	34,3	N.A	37,3	11,1	25,3	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	51	50	74	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	4	Ausente	Ausente	Ausente	N.A	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.A	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	28,6	21,5	19,5	9,45	N.A	16,3	19,8	14,2	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	882	1077	1107	800	N.A	1460	897	1170	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	N.D	179,2	299	140	N.A	560	N.D	366,8	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	18	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	19	25	26	N.R.
Tetracloro de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾⁽²⁾	6	62,6	61	6	N.A	9,7	38	49,5	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.A	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,17	0,03	0,056	0,11	N.A	0,03	0,02	0,06	5

Parâmetros - PM-14	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	0,28
1,1 Dicloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4 N.A D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03 ⁽³⁾
2,4,5 N.AT	mg/L	N.A	N.R.	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,5N.ATP	mg/L	N.A	N.R.	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,2
Aldrin	mg/L	N.D	N.A	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.A	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00003
Alumínio Total	mg/L	0,5	0,37	0,3	1,08	6,96	5,4	1,47	9,014	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Bário Total	mg/L	<0,1	0,02	0,033	0,03	0,04	0,03	0,02	0,0488	0,7
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzeno(a) Pireno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0007
Berílio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Boro Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,5
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Carbamatos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Carbaril	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Chumbo Total	mg/L	0,03	0,015	0,02	N.D	0,01	0,01	N.D	0,013	0,01
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,007	N.D	N.D	0,005	0,07 ⁽³⁾
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002 ⁽³⁾
Cloreto	mg/L	N.D	0,73	0,76	2,19	0,6	0,655	0,6452	0,8239	250 ⁽³⁾
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Cloro Residual	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,005
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,012	0,012	0,007	0,0194	2
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	120	N.A	N.A	N.A	Ausente	1	Ausente	Ausente	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	1100,00	N.A	N.A	N.A	300	500	23	2400	Ausência ⁽³⁾
Condutividade Elétric. Específica a 25°C	uS/cm	152	113,1	93,6	57	43,2	27	22	19	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	740000	N.A	N.A	N.A	109000	65000	136250	72500	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽⁶⁾	900	25	5	N.D	121	340	330	2230	15 ⁽³⁾
Cromo Hexavalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cromo Total	mg/L	<0,05	N.D	N.D	N.D	0,021	0,018	0,008	0,0287	0,05
DBO	mg/L	6,00	6,00	N.D	4,00	7	21	11	5	N.R.
DDE	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽⁷⁾
Demeton	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Detergentes	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
DQO	mg/L	26	25	8	56	52	37	36	36	N.R.
Dureza	mg/L	70	40,6	68,8	24,9	22	17	11	8,23	500 ⁽³⁾
Endossulfan	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,02 ⁽³⁾
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0006
Estanho Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	N.D	N.D	0,003	0,14
Ferro Total	mg/L	0,23	0,28	1,3	0,8	13,6	16,2	6,43	26,38	0,3

Parâmetros - PM-14	Unidade									Padrão
		26/2/05	1/7/05	15/9/05	15/12/05	7/4/06	29/6/06	28/9/06	14/12/06	(CETESB, 2005) (Portaria 518)
Fluoreto	mg/L	0,17	0,19	N.D	N.D	N.D	0,037	0,0347	N.D	1,5 ⁽³⁾
Fosfato Total	mg/L	N.D	2,40	N.D	0,26	0,025	0,097	0,01	N.D	N.R.
Fósforo Total	mg/L	N.D	0,16	N.D	0,06	0,693	0,11	0,108	N.D	N.R.
Gutíon	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Heptacloro	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	0,000001	0,00003 ⁽³⁾
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 ⁽³⁾
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000007	0,000007	0,002
Lítio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Magnésio	mg/L	2,21	1,36	0,51	0,68	0,724	0,725	0,586	0,664	N.R.
Malation	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Manganes Total	mg/L	0,11	0,07	N.D	0,05	0,26	0,203	0,09	0,2328	0,4
Mercurio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02 ⁽³⁾
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,006	0,006	0,003	0,0091	0,02
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	<0,07	0,462	0,32	1,49	N.D	0,03	0,07	0,119	N.R.
Nitrogenio Amoniacal	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nitrogenio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	0,08	0,11	0,29	0,13	N.R.
Nitrogênio Nítrito	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,004	N.D	N.D	1 ⁽³⁾
Nitrogênio Nitrato	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02	0,0143	0,164	10
Nitrogênio Total	mg/L	N.D	0,591	0,75	1,56	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Odor	N.A	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Não Objetável ⁽³⁾
Óleos e Graxas	mg/L	N.D	2	0,8	0,8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	5	6,6	5,6	7	N.R.
Paration	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
PCB's	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,0035
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009
pH	N.A	6,78	6,8	6,74	6,47	6,14	6,16	5,76	5,71	N.R.
Potássio	mg/L	1,36	1,1	0,85	0,66	0,86	1,1	N.D	1,19	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	63	81	50	118	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	23	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saunonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002	N.D	N.D	0,01
Sódio	mg/L	1,21	0,55	0,44	N.D	0,74	0,97	0,48	0,32	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	136	89	94	N.D	13	67	27	22	1000 ⁽³⁾
Sólidos Totais	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sulfato	mg/L	3	0,55	0,47	N.D	N.D	0,088	N.D	0,1263	250 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Surfactantes	mg/L	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,5 ⁽³⁾
Temperatura da água	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	22,5	16	21	25	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	23	16	26	26	N.R.
Tetracloreto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002 ⁽³⁾
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,04
Tolueno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,17 ⁽³⁾
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Turbidez	NTU ⁽¹⁾	102	384	329	161	159	239	95,1	474	5 ⁽³⁾
Vanádio Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Xileno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3 ⁽³⁾
Zinco Total	mg/L	0,14	0,02	0,01	0,07	0,05	0,02	0,03	0,09	5

ÁGUA SUPERFICIAL

Parâmetros N.A PMASN.A1	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ^(*)
1,2 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,3,4,6 Tetraclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4 N.A D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4,5 N.AT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
2,4,5N-ATP	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
4,4' N.A DDD	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	0,000002	N.R.
4,4 N.A DDT	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Alumínio Total	mg/L	N.D	0,396	0,52	0,17	1,03	0,443	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	0,006	N.D	N.D	N.D	N.D	0,033
Bário Total	mg/L	0,09	0,062	0,04	0,11	0,26	0,181	1
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzo(a) Pireno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	0,003	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Boro Total	mg/L	N.D	0,033	N.D	N.D	0,191	N.D	0,75
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Carbamatos Totais	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	0,007	N.R.
Carbaril	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Chumbo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0027	0,033
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	0,008	0,002	N.D	N.D	0,022
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0003
Cloreto	mg/L	37,3	11,1	1,2	0,975	1,0176	1,2149	250
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloreto de Vinila	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloro Residual	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.D	N.D	0,003	0,006	0,0083	0,0065	0,2
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,032	0,0017	0,013
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	298	290	70000	3000	500	300	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	24000	51000	16000000	5000	1700	2200	N.R.
Condutividade Elétric. Específica a 25 °C	uS/cm	104	58,8	36,8	46,3	64	77	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cor	mg Pt/L ^(**)	N.D	N.D	2	41	110	91	75
Cromo Hexavalente	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.D	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.D	0,026	N.D	N.D	0,0042	0,0024	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,05
DBO	mg/L	6	7	1	1	1	1	10
DDE	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT ^(*)	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001	0,001
Demeton	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,014
Detergentes	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
DQO	mg/L	38	47	9	4	N.D	18	N.R.
Dureza	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Endossulfan	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00022
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002
Estanho Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Ferro Solúvel	mg/L	0,6	2,28	0,218	0,021	0,038	N.D	5

Parâmetros N.A PMASN.A1	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
Fluoreto	mg/L	0,13	N.D	N.D	0,064	0,0888	0,0652	1,4
Fosfato Total	mg/L	N.D	87,5	N.D	N.D	0,34	0,014	0,025
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L	N.D	0,42	N.D	0,009	0,389	0,021	0,075
Gutíon	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005
Heptacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	0,01	N.D	N.D	0,000004	0,012	0,009	2,5
Magnésio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Malation	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Manganes Total	mg/L	2,58	N.D	1,83	4,93	7,44	3,61	0,5
Mercurio Total	mg/L	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003	0,0015	0,025
Nitrogênio Orgânico	mg/L	1,1	0,85	0,08	0,35	0,49	0,25	N.R.
Nitrogênio Amoniacal ⁽⁵⁾	mg/L	0,27	N.D	0,03	N.D	N.D	N.D	13,3
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	0,11	0,36	0,51	0,25	N.R.
Nitrogênio Nítrito	mg/L	N.D	N.D	0,003	0,002	0,0029	0,0033	1
Nitrogênio Nitrato	mg/L	1,5	0,48	0,59	0,103	0,1032	0,1087	10
Nitrogênio Total	mg/L	2,87	1,28	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro + Dodecacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Odor	N.A	Inodoro	Inodoro	ausente	Inodoro	Inodoro	Inodoro	ausente
Óleos e Graxas	mg/L	6	Ausente	7	2	N.D	10	ausente
Oxigênio Dissolvido	mg/L	7,9	6,9	7,4	8,4	6,9	9,4	>4
Paration	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,035
PCB's	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000009
pH	N.A	7,65	6,88	6,73	7,02	7,15	7,22	6 ~ 9
Potássio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0001	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saumonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	0,007	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Sódio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	70	48	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Totais	mg/L	80	224	70	49	97	110	Ausente
Sulfato	mg/L	N.D	N.D	2	2,525	2,3531	2,9526	250
Sulfeto	mg/L	0,03	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3
Surfactantes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Temperatura da água	°C	16	24	21	20	23	22	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	23,5	25	23	26	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Tolueno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00021
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002	0,03
Turbidez	UNT ⁽⁶⁾	18,5	36,4	21,1	6,72	22,3	10,8	100
Vanádio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0015	0,0008	0,1
Xileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Zinco Total	mg/L	N.D	0,018	0,02	0,01	0,01	0,03	5

Parâmetros N.A.PMASN.A2	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
1,2 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,3,4,6 Tetraclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4 N.A.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4,5 N.AT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
2,4,5N.ATP	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
4,4' N.A DDD	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
4,4 N.A DDT	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Alumínio Total	mg/L	N.D	0,076	0,5	0,1	0,7	0,428	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,033
Bário Total	mg/L	N.D	0,095	0,08	0,09	0,15	0,176	1
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzo(a) Pireno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	0,003	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Boro Total	mg/L	N.D	0,03	N.D	N.D	0,17	N.D	0,75
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Carbamatos Totais	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	0,002	N.R.
Carbaril	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Chumbo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0025	0,033
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,003	N.D	N.D	0,022
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0003
Cloreto	mg/L	152	23,3	12,2	21,879	35,599	20,573	250
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloreto de Vinila	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloro Residual	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.D	N.D	0,009	0,015	0,0247	0,0065	0,2
Cobre Total	mg/L	N.D	0,013	N.D	N.D	0,0027	0,0017	0,013
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	22	7	3300	40	20	1700	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	680	3900	50000	24000	500	90000	N.R.
Condutividade Eléctric. Específica a 25 °C	uS/cm	172	169,8	133	270	398	290	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	5	N.D	60	239	470	132	75
Cromo Hexavalente	mg/L	N.D	0,01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	N.D	0,032	N.D	N.D	0,0033	0,0024	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,05
DBO	mg/L	6	7	2	4	5	6	10
DDE	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D		N.R.
DDT ⁽³⁾	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,000001	N.D	0,000004	0,001
Demeton	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,014
Detergentes	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
DQO	mg/L	37	54	9	15	32	25	N.R.
Dureza	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Endossulfan	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00022
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002
Estanho Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Ferro Solúvel	mg/L	0,1	3,63	0,126	0,012	N.D	0,012	5

Parâmetros N.A PMASN.A2	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
Fluoreto	mg/L	0,13	N.D	N.D	0,077	0,089	0,2091	1,4
Fosfato Total	mg/L	N.D	53	N.D	0,024	0,09	0,19	0,025
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L	N.D	0,42	0,245	0,024	0,381	0,026	0,075
Gutlon	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005
Heptacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0001	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	0,01	N.D	0,000003	0,000004	0,005	0,0092	2,5
Magnésio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Malation	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Mânganes Total	mg/L	3,05	4,17	2,73	2,56	5,68	4,37	0,5
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,004	0,006	0,0015	0,025
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,2	0,97	4,43	6,94	19,76	6,88	N.R.
Nitrogênio Amoniacal ⁽⁵⁾	mg/L	2,77	4,94	0,1	0,00004	N.D	N.D	13,3
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	4,53	6,95	19,79	6,88	N.R.
Nitrogênio Nitrito	mg/L	N.D	0,56	0,005	0,002	0,0023	0,0983	1
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,3	N.D	0,33	0,025	0,0316	0,156	10
Nitrogênio Total	mg/L	3,27	5,93	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro + Dodecacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Odor	N.A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente
Óleos e Graxas	mg/L	6,4	Ausente	2	2	N.D	5	ausente
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,2	5,6	7,6	7,4	5,1	N.D	>4
Paration	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,035
PCB's	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000009
pH	N.A	7,73	6,29	6,42	6,65	6,46	7,35	6 - 9
Potássio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saumonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	0,008	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Sódio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	82	76	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Totais	mg/L	45	92	95	115	223	191	Ausente
Sulfato	mg/L	N.D	N.D	3	2,084	2,9787	8,8129	250
Sulfeto	mg/L	0,05	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3
Surfactantes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Temperatura da água	°C	19,1	25,3	22	21	21	28	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	22	24	22	30	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Tolueno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00021
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002	0,03
Turbidez	NTU ⁽⁶⁾	11,2	0,5	23,4	4,08	34,5	15,6	100
Vanádio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0013	0,0008	0,1
Xileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Zinco Total	mg/L	N.D	0,025	0,2	0,01	0,02	0,03	5

Parâmetros N.A PMASN.A3	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
1,2 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,3,4,6 Tetraclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4 N.A D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4,5 N.AT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
2,4,5N.ATP	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
4,4' N.A DDD	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
4,4 N.A DDT	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin	mg/L	N.D	0,00003	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Alumínio Total	mg/L	N.D	0,37	0,41	0,9	1,43	0,401	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	0,005	N.D	N.D	N.D	N.D	0,033
Bário Total	mg/L	0,01	0,094	0,08	0,08	0,08	0,0725	1
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzo(a) Pireno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	0,003	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Boro Total	mg/L	N.D	0,04	N.D	N.D	0,157	N.D	0,75
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Carbamatos Totais	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	0,002	N.R.
Carbaril	mg/L	N.D	N.D	0,008	N.D	N.D	N.D	0,07
Chumbo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0004	0,033
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	0,009	0,002	N.D	N.D	0,022
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0003
Cloreto	mg/L	116	20,4	12	16,292	18,337	20,196	250
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloreto de Vinila	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloro Residual	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,009	0,0039	0,0034	0,2
Cobre Total	mg/L	N.D	0,017	N.D	0,002	0,004	0,0027	0,013
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	50	1100	2000	170	110	1400	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	15000	88000	300000	160000	16000	160000	N.R.
Condutividade Elet. Especifica a 25 °C	uS/cm	214	164,5	156,7	232	252	303	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	N.D	N.D	34	257	130	129	75
Cromo Hexavalente	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	0,02	N.D	N.D	N.D	0,0034	0,0015	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,05
DBO	mg/L	6	N.D	2	7	4	6	10
DDE	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT ⁽³⁾	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005	0,001
Demeton	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,014
Detergentes	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
DQO	mg/L	40	13	9	13	38	29	N.R.
Dureza	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Endossulfan	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00022
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002
Estanho Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Ferro Solúvel	mg/L	0,68	1,81	0,037	0,018	N.D	0,015	5

Parâmetros N.A PMASN.A3	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
Fluoreto	mg/L	0,14	N.D	N.D	0,153	0,1317	0,1916	1,4
Fosfato Total	mg/L	N.D	51	N.D	0,044	0,03	0,022	0,025
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L	N.D	0,42	0,019	0,06	0,07	0,019	0,075
Gutlon	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005
Heptacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0001	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.D	N.D	0,000003	0,000006	0,007	0,006	2,5
Magnésio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Malation	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Mânganes Total	mg/L	2,51	3,43	2,53	1,91	2,08	1,6	0,5
Mercurio Total	mg/L	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,003	0,004	0,002	0,025
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,17	N.D	3,54	7,23	7,66	4,49	N.R.
Nitrogênio Amoniacal ⁽⁵⁾	mg/L	0,27	0,27	0,08	0,00007	N.D	N.D	13,3
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	3,62	7,25	7,69	4,49	N.R.
Nitrogênio Nitrito	mg/L	N.D	0,03	0,005	0,052	0,0641	0,1002	1
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,2	0,36	0,24	0,472	0,7138	0,1523	10
Nitrogênio Total	mg/L	4,23	4,79	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro + Dodecacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Odor	N.A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente
Óleos e Graxas	mg/L	8	Ausente	15	2	N.D	N.D	ausente
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,4	7	6,6	7,8	5,6	6,4	>4
Paration	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,035
PCB's	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000009
pH	N.A	6,57	6,75	6,82	7,2	7,27	7,37	6 - 9
Potássio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saumonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	0,01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Sódio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	51	76	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Totais	mg/L	19	211	114	143	171	195	Ausente
Sulfato	mg/L	N.D	4,41	4,43	3,657	3,2745	6,9174	250
Sulfeto	mg/L	0,04	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3
Surfactantes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Temperatura da água	°C	19,3	24,8	21	18	21	29	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	22	18	21	30	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Tolueno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00021
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002	0,03
Turbidez	NTU ⁽⁶⁾	29,4	14,8	21,1	48,9	34,5	17,3	100
Vanádio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0025	0,0009	0,1
Xileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Zinco Total	mg/L	N.D	0,041	0,03	0,01	0,01	0,03	5

Parâmetros N.A.PMASN.A4	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
1,2 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
1,1 Dicloroetano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,3,4,6 Tetraclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
2,4 N.A.D	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,03
2,4,5 N.AT	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
2,4,5N.ATP	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
2,4,6 N.A Triclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
4,4' N.A DDD	mg/L	N.A	N.A	N.D	0,000003	0,000027	0,000027	N.R.
4,4 N.A DDE	mg/L	N.A	N.A	N.D	0,000001	N.D	N.D	N.R.
Aldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005	0,000005	N.R.
Dieldrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Aldrin + Dieldrin	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Alumínio Total	mg/L	N.D	0,73	0,34	0,11	1,78	0,744	0,2
Arsênio Total	mg/L	N.D	0,007	N.D	N.D	N.D	N.D	0,033
Bário Total	mg/L	0,1	0,088	0,09	0,08	0,08	0,0759	1
Benzeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,005
Benzo(a) Pireno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0007
Berílio Total	mg/L	0,002	0,003	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Boro Total	mg/L	N.D	0,036	N.D	N.D	0,143	N.D	0,75
Cádmio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Carbamatos Totais	mg/L	N.D	N.D	N.A	N.A	N.A	0,002	N.R.
Carbaril	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,07
Chumbo Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0014	0,033
Cianeto	mg/L	N.D	N.D	0,01	0,002	N.D	N.D	0,022
Clordano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005	N.D	0,0003
Cloreto	mg/L	129	N.D	12,4	17,862	18,173	18,771	250
Cloreto de Metileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloreto de Vinila	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cloro Residual	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cobalto Total	mg/L	N.D	N.D	0,007	0,006	0,004	0,0035	0,2
Cobre Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,001	0,004	0,0032	0,013
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	154	1300	2000	70	400	24000	N.R.
Coliformes Totais	NMP/100 ml	5900	84000	900000	24000	3000	90000	N.R.
Condutividade Eléctric. Específica a 25 °C	uS/cm	221	177,8	163	233	251	315	N.R.
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	ufc/ml	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Cor	mg Pt/L ⁽²⁾	N.D	6	2	68	172	112	75
Cromo Hexavalente	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Cromo Trivalente	mg/L	0,02	0,027	N.D	N.D	0,0037	0,0038	N.R.
Cromo Total	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,05
DBO	mg/L	4	3	9	6	4	7	10
DDE	mg/L	N.A	N.A	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
DDT ⁽³⁾	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,011	N.D	N.D	0,001
Demeton	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,014
Detergentes	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Diclorometano	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
DQO	mg/L	N.D	32	15	31	16	36	N.R.
Dureza	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Endossulfan	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0022
Endrin	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002
Estanho Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Fenóis	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009	0,01
Ferro Solúvel	mg/L	0,1	0,804	0,026	N.D	0,023	0,017	5

Parâmetros N.A PMASN.A4	Unidade							Padrão
		04/07/05	15/09/05	06/04/06	29/06/06	28/09/06	14/12/06	CONAMA ⁽¹⁾
Fluoreto	mg/L	0,15	N.D	N.D	0,136	0,1376	0,1778	1,4
Fosfato Total	mg/L	N.D	61	N.D	N.D	0,03	0,017	0,025
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L	N.D	0,41	0,009	0,057	0,05	0,062	0,075
Gutlon	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000005
Heptacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	0,000004	N.D	0,000013	N.R.
Heptacloro Epóxido	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Lindano	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Lítio Total	mg/L	N.D	N.D	0,000004	0,00005	0,007	0,0065	2,5
Magnésio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Malation	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,1
Mânganes Total	mg/L	2,06	1,89	2,41	1,83	1,96	1,56	0,5
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	N.D	N.D	N.D	N.D	0,002
Metoxicloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,02
Níquel Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,004	0,0028	0,025
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,35	N.D	3,31	3,82	0,04	8,03	N.R.
Nitrogênio Amoniacal ⁽⁵⁾	mg/L	3,86	4,17	0,11	N.D	N.D	N.D	13,3
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	N.A	N.A	3,42	3,82	0,11	8,03	N.R.
Nitrogênio Nitrito	mg/L	N.D	0,1	0,014	0,055	0,0633	0,0949	1
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,8	0,49	0,22	0,224	0,6991	0,1442	10
Nitrogênio Total	mg/L	5,01	4,76	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Nonacloro + Dodecacloro	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Odor	N.A	Inodoro	Inodoro	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente
Óleos e Graxas	mg/L	2,8	Ausente	3	2	N.D	4	ausente
Oxigênio Dissolvido	mg/L	7,1	5,7	6,4	10	4,8	6,4	>4
Paration	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,035
PCB's	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000001
Pentaclorofenol	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,000009
pH	N.A	7,14	6,8	7,09	7,49	7,25	7,45	6 - 9
Potássio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Potencial Redox	mV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Prata Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Pseudomonas Aeruginosas	NMP/100 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Saumonella sp	em 25 ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.R.
Selênio Total	mg/L	0,01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,05
Sódio	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	81	9	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Sólidos Totais	mg/L	80	172	113	112	225	208	Ausente
Sulfato	mg/L	N.D	3,66	4,59	3,521	3,2631	8,3493	250
Sulfeto	mg/L	0,09	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,3
Surfactantes	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.R.
Temperatura da água	°C	20,2	23,8	20	18	21	27	N.R.
Temperatura do ar	°C	N.A	N.A	21	20	21	28	N.R.
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,003
Tetracloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01
Tolueno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Toxafeno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00021
Tricloroeteno	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0002	0,03
Turbidez	NTU ⁽⁶⁾	5,5	17,1	19,3	12,4	54	26	100
Vanádio Total	mg/L	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0037	0,0019	0,1
Xileno	mg/L	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.
Zinco Total	mg/L	N.D	0,049	0,02	0,01	0,02	0,03	5