

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE

**RISCOS DE CONTAMINAÇÃO PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOS
SERVIÇOS DE SAÚDE: VALA SÉPTICA DE CURITIBA/PR**

CURITIBA

2011

MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE

**RISCOS DE CONTAMINAÇÃO PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOS
SERVIÇOS DE SAÚDE: VALA SÉPTICA DE CURITIBA/PR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geologia - Área de Geologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. André Virmond Lima
Bittencourt

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Marta Margarete
Cestari

CURITIBA

2011

Erbe, Margarete Casagrande Lass

Riscos de contaminação pela disposição de resíduos dos serviços de saúde: vala séptica de Curitiba/PR / Margarete Casagrande Lass Erbe. – Curitiba, 2011.

160 f. : il.; graf., tab. + mapas

Tese (tese) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Orientador: André Virmond Lima Bittencourt

Co-orientadora: Marta Margarete Cestari

1. Serviços de saúde - Eliminação de resíduos. 2. Resíduos perigosos - Meio ambiente. I. Bittencourt, André Virmond Lima. II. Cestari, Marta Margarete. III. Título.

CDD 363.7288

TERMO DE APROVAÇÃO

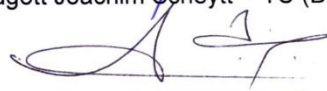
MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE

"Riscos de contaminação pela disposição de resíduos dos serviços de saúde: vala séptica de Curitiba/PR."

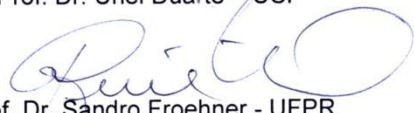
Tese de doutorado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, Comissão formada por:



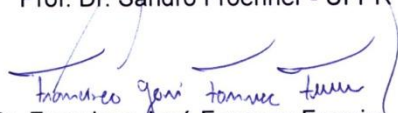
Prof. Dr. Traugott Joachim Scheytt - TU (Berlim - Alemanha)



Prof. Dr. Uriel Duarte - USP



Prof. Dr. Sandro Froehner - UFPR



Prof. Dr. Francisco José Fonseca Ferreira - UFPR



Prof. Dr. André Virmond Lima Bittencourt - UFPR
Presidente

Curitiba, 18 de maio de 2011

AGRADECIMENTOS

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba por liberar a área e apoiar o desenvolvimento da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por possibilitar financeiramente o estudo e avaliação de fármacos na Universidade Técnica de Berlim/Alemanha.

Aos colegas e orientadores da Universidade Técnica de Berlim.

Aos laboratórios e técnicos da Universidade Federal do Paraná, pela colaboração na aquisição dos dados.

Aos colegas e professores que me apoiaram para a realização da pesquisa.

À minha família.

“No atual debate sobre o meio ambiente, dois caminhos permanecem abertos. Podemos continuar a negar os problemas ou podemos encará-los. O primeiro caminho é uma falsa solução, porque ele não resolve a culpa e o medo ocultos da destruição ecológica e dos futuros desastres. O segundo caminho elimina o medo e a culpa, da única maneira viável: resolvendo o problema que leva a essas emoções (CHOPRA *et al.*, 2010)”.

RESUMO

A vala séptica de Curitiba iniciou seu funcionamento em 1988 estando prevista a ocupação de 10.000m², com operação somente até o final de julho de 1989. Nos anos seguintes ocorreram expansões da área ocupada. As atividades foram encerradas em abril de 2005. Durante sua operação ocorreu a disposição de mais de 62.000 toneladas de resíduos oriundos dos serviços de saúde em um sítio cujo substrato é formado por argilitos, arcóseos e caliche da Formação Guabirotuba, bem como migmatitos intemperizados do Complexo Atuba. Foram depositados materiais contaminados com microorganismos patogênicos e quimicamente ativos. Cientes da possibilidade de muitos destes contaminantes se encontrarem dissolvidos nas águas do entorno da vala séptica e pela mesma estar situada a menos de 2 km da represa do Passaúna, que é responsável por 30% do abastecimento de água de Curitiba, a pesquisa avaliou a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do entorno do empreendimento. Foram analisados parâmetros físico-químicos e realizados bioensaios de ecotoxicidade utilizando *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*, que são espécies comumente utilizadas para avaliar a toxicidade da água, em um córrego e uma lagoa localizados perto do depósito. Também foi avaliado os danos ao material genético de peixes (*Astyanax* sp. B) que foram expostos (96h) a estas águas, empregando *Alkaline comet assay* e *Piscine Micronucleus Test*. Parâmetros, incluindo alumínio, manganês, demanda bioquímica de oxigênio, sulfeto, condutividade, fenol, coliformes totais e contagem de *Escherichia coli*, estavam acima dos níveis aceitáveis pela legislação ambiental. No entanto, os bioensaios de toxicidade em *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* e *Piscine Micronucleus Test* não indicaram risco imediato. Com base nos resultados do *Alkaline comet assay* foi possível detectar danos ao material genético em peixes que foram expostos a estas águas. Este resultado sugere que, além dos testes normalmente utilizados para avaliar a toxicidade da água, o emprego do *Alkaline comet assay* é necessário para uma análise com maior precisão. Foi constatada a persistência de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e *Pseudomonas aeruginosa* nas águas superficiais e nascentes a menos de 500m do empreendimento. Estes resultados, confrontados com os critérios adotados pelas legislações alemã e austríaca, possibilitaram sugerir a inclusão na legislação brasileira de parâmetros mais restritivos para a avaliação de microorganismos patogênicos. Na pesquisa em amostras de águas superficiais e de dois poços de monitoramento do freático, realizada pela autora no Departamento de Hidrogeologia da Universidade Técnica de Berlim, foi constatada a persistência dos fármacos: ácido clofíbrico, carbamazepina e primidona. A presença destes materiais e o estudo das legislações alemãs e brasileiras possibilitaram sugerir limites máximos para a quantidade de fármacos em águas. O ensaio geofísico pelo método da eletrorresistividade possibilitou um melhor entendimento da geologia e da estratigrafia da área, bem como suas implicações na localização e profundidade dos poços de monitoramento a serem implantados.

Palavras-chave: vala séptica, danos em DNA, microorganismos patogênicos, fármacos na água, Formação Guabirotuba.

ABSTRACT

The septic landfill of Curitiba started its operation in 1988; it was planned to occupy 10.000m² and to operate only until the end of July 1989. In subsequent years there were expansions of the occupied area. The activities there stopped in April 2005. During its operation more than 62,000 tons of waste from health services were disposed at the site whose substrate is formed by mudstones, caliche and arkoses of the Guabirota formation and weathered migmatites of the Atuba Complex. Materials contaminated with pathogenic microorganisms and possessing chemical activity were deposited there. Aware of the possibility of many of these contaminants to be dissolved in the waters surrounding the septic landfill located less than 2 km from the Passaúna dam, which is responsible for 30% of the water supply of Curitiba, the survey evaluated the quality of surface water and groundwater surrounding the area. Physico-chemical parameters were determined and ecotoxicity bioassays using *Daphnia magna* and *Vibrio fischeri* - which are species that are commonly used to evaluate the toxicity of water - were conducted in water samples from a river and a lake located near the landfill. The damage to genetic material of fish (*Astyanax* sp. B) exposed (96h) to these waters was also assessed by using alkaline comet assay and micronucleus piscine test. Parameters, including aluminum, manganese, biochemical oxygen demand, sulfide, conductivity, phenol, total coliforms and *Escherichia coli* counts, were above acceptable levels in environmental legislation. However, the toxicity bioassays in *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* and piscine micronucleus test did not indicate immediate risk. Based on the results of alkaline comet assay, damage to genetic material of fish that were exposed to these waters could be detected. This result suggests that, besides the tests normally used to evaluate the toxicity of water, the use of alkaline comet assay is needed for more accurate results. The persistence of total coliform, *Escherichia coli*, enterococci, sulphite reducing clostridia and *Pseudomonas aeruginosa* in surface waters and springs within 500 feet of the Project was noted. These results, confronted with the criteria adopted by German and Austrian legislation, suggest the inclusion of more restrictive criteria for the assessment of pathogenic microorganisms in Brazilian legislation. In the research on surface water and two groundwater monitoring well samples, conducted by the author at the Department of Hydrogeology, Technical University of Berlin, the persistence of the following drugs was found: clofibrato acid, carbamazepine and primidone. The presence of these materials and the study of German and Brazilian laws, suggest possible limits to the amount of drugs in water. The test method of geophysical resistivity enabled better understanding of the geology and stratigraphy of the area, as well as its implications on the location and depth of monitoring wells to be implanted.

Key words: septic landfill, DNA damage, pathogenic microorganisms, pharmaceuticals in water, Guabirota formation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|----|---|----|
| 01 | Localização do município de Curitiba no Estado do Paraná..... | 3 |
| 02 | Represa do Passaúna..... | 4 |
| 03 | Área de Proteção Ambiental de Curitiba..... | 4 |
| 04 | Foto aérea do depósito de resíduos dos serviços de saúde de Curitiba..... | 4 |
| 05 | Foto aérea da área do depósito datada de 1980..... | 5 |
| 06 | Foto aérea da área do depósito datada de 1999..... | 5 |
| 07 | Foto aérea da área do depósito datada de 2003..... | 5 |
| 08 | Foto aérea da área da vala datada de 2008..... | 5 |
| 09 | Vista da área escolhida para o depósito de resíduos dos serviços de saúde em 1988..... | 7 |
| 10 | Início da operação da vala séptica de Curitiba..... | 9 |
| 11 | Características do resíduo disposto na vala séptica de Curitiba..... | 11 |
| 12 | Seção esquemática da estrutura geológica do relevo do Estado do Paraná | 13 |
| 13 | Perfil típico da geologia da área de estudo..... | 15 |
| 14 | Mapa da geologia da área..... | 16 |
| 15 | Levantamento planialtimétrico..... | 17 |
| 16 | Mapa de declividades..... | 18 |
| 17 | Seções do perfil geológico do depósito de resíduos dos serviços de saúde de Curitiba..... | 19 |
| 18 | Perfil típico de alteração do embasamento cristalino na área da vala séptica..... | 20 |
| 19 | Falha inversa na Formação Guabiro tuba..... | 21 |
| 20 | Siltito homogêneo cinza-claro..... | 21 |
| 21 | Conglomerado basal..... | 21 |
| 22 | Afloramento didático da Bacia Sedimentar de Curitiba, indicando a vala séptica..... | 22 |
| 23 | Estratigrafia da Bacia Sedimentar de Curitiba..... | 22 |
| 24 | Embasamento cristalino aflorante..... | 22 |
| 25 | Perfil típico de alteração do solo residual e rocha alterada..... | 24 |
| 26 | Detalhe do horizonte de solo A (residual)..... | 24 |
| 27 | Detalhe do horizonte de solo A (residual) formado sobre rochas sedimentares da Formação Guabiro tuba..... | 24 |
| 28 | Perfil típico de alteração solo residual vermelho e siltitos da Formação Guabiro tuba..... | 24 |
| 29 | Perfil descritivo do poço PM09: descrição do solo (a) e localização (b)..... | 25 |
| 30 | Perfil descritivo do poço PM13: descrição do solo (a) e localização (b)..... | 26 |
| 31 | Localização da bacia do rio Barigüi no Estado do Paraná..... | 27 |
| 32 | Representação do anel de Conservação Sanitário Ambiental e localização da vala séptica de Curitiba na bacia hidrográfica..... | 29 |
| 33 | Hidrografia da região..... | 29 |
| 34 | Direções Preferenciais de escoamento de águas incidentes sobre a área da vala..... | 30 |
| 35 | Acesso à vala séptica de Curitiba..... | 30 |
| 36 | Água represada..... | 30 |
| 37 | Captação de água através de tubulação..... | 30 |
| 38 | Resíduo aparente durante a implantação da tubulação..... | 30 |
| 39 | Localização dos córregos perenes situados a menos de 500m do depósito..... | 31 |

| | | |
|----|--|----|
| 40 | Uso de água de nascente situada ao Sul do depósito..... | 33 |
| 41 | Poço situado a 300m ao Sul do depósito - água utilizada para o consumo humano..... | 33 |
| 42 | Caminho do percolado do depósito até o rio Barigüí..... | 33 |
| 43 | Vertente de percolado oriundo do talude do depósito de resíduos (a) e coleta de amostra (b)..... | 34 |
| 44 | Percolado oriundo do depósito de resíduos que segue pela valeta direcionada ao rio Barigüí..... | 34 |
| 45 | Esquema funcional do Incinerador Móvel..... | 36 |
| 46 | Esquema do balanço hídrico na vala..... | 37 |
| 47 | Indicação dos poços de monitoramento: 1994 – PM01 a PM04 e 2003 a 2005 – PM05 a PM11 | 41 |
| 48 | Monitoramento de 1994: pH, coliformes totais e coliformes fecais (a) e DBO e DQO (b)..... | 42 |
| 49 | Monitoramento em águas subterrâneas de dezembro de 2003, dezembro de 2004 e abril de 2005 para pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), coliformes totais (c), coliformes termotolerantes (d), DBO (e) e DQO (f)..... | 43 |
| 50 | Monitoramento de 2003 no rio Barigüí a montante e jusante da vala séptica - pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d)..... | 44 |
| 51 | Monitoramento de 2004 no rio Barigüí a montante e jusante da vala séptica – pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d)..... | 45 |
| 52 | Monitoramento de 2005 no rio Barigüí a montante e jusante da vala séptica – pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d)..... | 45 |
| 53 | Localização dos poços de monitoramento – 2006..... | 46 |
| 54 | Mapa potenciométrico – 2006..... | 48 |
| 55 | Velocidade de fluxo das águas subterrâneas e indicação da condutividade elétrica nos poços de monitoramento – 2006..... | 50 |
| 56 | Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: pH (a), condutividade (b), cor (c) e turbidez (d)..... | 51 |
| 57 | Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: DBO e DQO (a), alumínio e níquel (b)..... | 51 |
| 58 | Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , enterococos, clostrídios sulfito redutores (a) e bactérias heterotróficas (b)... | 52 |
| 59 | Localização dos pontos de amostragem das águas superficiais – 2006..... | 53 |
| 60 | Monitoramento de águas superficiais em 2006: coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , enterococos, clostrídios sulfito redutores (a) e bactérias heterotróficas (b)... | 53 |
| 61 | Monitoramento de águas superficiais em 2006: pH (a), condutividade (b), cor (c), sólidos totais dissolvidos (d), alumínio (e) e ferro (f)..... | 54 |
| 62 | Consumo de ácido Clofibrico, Primidona e Carbamazepina de 1990 a 2007 em Berlim/Alemanha..... | 57 |
| 63 | Localização das fazendas de esgoto <i>Grossbeeren</i> e <i>Sputendorf</i> , da ETE <i>Wassmannsdorf</i> e dos pontos de amostragem – Berlim/Alemanha..... | 58 |
| 64 | Monitoramento de águas subterrâneas de Berlim de 1992 a 2009: ácido Clofibrico..... | 59 |
| 65 | Monitoramento de águas superficiais de Berlim em 2010: Carbamazepina e Primidona..... | 60 |
| 66 | Monitoramento do poço PM13 (<i>Mehrfachmessstelle</i> Rb1/78) de Berlim em 1999, 2007 e 2009: Primidona..... | 61 |
| 67 | Monitoramento de águas subterrâneas de Berlim em 2010: Carbamazepina, ácido Clofibrico e Primidona..... | 61 |

| | | |
|-----|--|----|
| 68 | Localização dos pontos córrego e lagoa para a avaliação da qualidade da água superficial..... | 62 |
| 69 | Classes de danos avaliados no <i>Alkaline comet assay</i> : I – II – III – IV..... | 64 |
| 70 | Ensaio para ecotoxicidade em peixes- resumo das etapas..... | 65 |
| 71 | <i>Alkaline comet assay</i> - resumo das etapas..... | 66 |
| 72 | Localização dos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e ponto córrego..... | 67 |
| 73 | Localização dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais..... | 68 |
| 74 | Percolado oriundo do lado Sudoeste do depósito de resíduos (a) e coleta da amostra (b)..... | 69 |
| 75 | Percolado oriundo do lado Sudoeste da vala que segue em direção ao rio Barigüí..... | 69 |
| 76 | Fórmula estrutural do ácido Clofibrico, Carbamazepina e Primidona..... | 71 |
| 77 | Localização dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de fármacos..... | 71 |
| 78 | Localização do poço PM12 (666306 E e 7177864 N)..... | 72 |
| 79 | Detalhe do poço PM14 (666278 E e 7177507 N)..... | 72 |
| 80 | Perfil descritivo do poço PM12, realizada em outubro de 2006..... | 73 |
| 81 | Perfil descritivo do poço PM14, realizada em outubro de 2006..... | 74 |
| 82 | Local de amostragem do ponto lagoa..... | 75 |
| 83 | Local de amostragem do ponto córrego..... | 75 |
| 84 | Amostras de água identificadas como: PM14, PM12, LAGOA e RIO..... | 76 |
| 85 | Filtro a vácuo..... | 76 |
| 86 | Etapas para a obtenção do eluato das amostras do PM14, PM12, LAGOA e RIO | 77 |
| 87 | Picada e piquete..... | 80 |
| 88 | Piquete..... | 80 |
| 89 | Posicionamento das linhas e estações de medição..... | 81 |
| 90 | Princípio do método elétrico..... | 85 |
| 91 | Esquema do arranjo dipolo-dipolo para a leitura da resistividade nas seções de tomografia elétrica 2-D..... | 87 |
| 92 | Transmissor VIP3000W (<i>Iris Instruments</i>)..... | 87 |
| 93 | Cabo para caminhamento..... | 87 |
| 94 | Colocação dos eletrodos ao longo dos perfis..... | 88 |
| 95 | Receptor ELREC Pro..... | 88 |
| 96 | Caminhamento ao longo dos perfis..... | 88 |
| 97 | Início da L5, próxima à transportadora..... | 88 |
| 98 | Leitura e registro dos dados..... | 88 |
| 99 | Planilha de campo..... | 88 |
| 100 | <i>Micronucleus Pisceo Test</i> - grupos expostos na água de controle, do córrego e da lagoa..... | 91 |
| 101 | <i>Alkaline comet assay</i> - grupos expostos na água de controle, do córrego e da lagoa..... | 92 |
| 102 | Alterações observadas pelo <i>Micronucleus Pisceo Test</i> oriundas da exposição nas águas da lagoa e córrego respectivamente..... | 95 |
| 103 | Essencis Soluções Ambientais S/A/ Curitiba..... | 97 |
| 104 | Vista aérea da ESSENCIS..... | 97 |
| 105 | Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil LTDA..... | 97 |
| 106 | Vista aérea da TOSHIBA..... | 97 |
| 107 | Concentração de sólidos totais e cloreto (a) e fenol (b) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 98 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 108 | Ferro e manganês (a), alumínio e óleos e graxas (b), DBO e DQO (c) e condutividade (d) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 99 |
| 109 | Parâmetros físico-químicos nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 99 |
| 110 | Resíduo aparente – exposto durante instalação de tubulação para drenagem..... | 102 |
| 111 | Resíduo aparente – exposto quando da movimentação de equipamento pesado na área..... | 102 |
| 112 | Resíduo aparente – exposto quando do início do projeto de execução de drenagem..... | 103 |
| 113 | Resíduo aparente..... | 103 |
| 114 | Parâmetros microbiológicos nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 108 |
| 115 | Contagem de coliformes totais (a) e <i>Escherichia coli</i> (b) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 108 |
| 116 | Parâmetros microbiológicos nos pontos LAGOA e PERCOLADO..... | 109 |
| 117 | Contagem de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> no ponto LAGOA..... | 109 |
| 118 | Contagem de coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , enterococos, clostrídios sulfito redutores e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> no ponto PERCOLADO..... | 109 |
| 119 | Parâmetros microbiológicos nos pontos NASCENTE 00 e NASCENTE 01..... | 110 |
| 120 | Contagem de coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes nos pontos NASCENTE 00 (a) e NASCENTE 01 (b)..... | 110 |
| 121 | Rotas de exposição de fármacos no ambiente..... | 124 |
| 122 | Presença de fármacos em águas subterrâneas e superficiais próximas à vala séptica..... | 126 |
| 123 | Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L1..... | 131 |
| 124 | Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L2..... | 132 |
| 125 | Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L3..... | 133 |
| 126 | Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L4..... | 134 |
| 127 | Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L5..... | 135 |
| 128 | Assinatura geofísica em superfície na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 136 |
| 129 | Assinatura geofísica a 7 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 137 |
| 130 | Assinatura geofísica a 15 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 138 |
| 131 | Assinatura geofísica a 25 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 139 |
| 132 | Assinatura geofísica a 38 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 140 |
| 133 | Assinatura geofísica a 55 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 141 |
| 134 | Assinatura geofísica a 75 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba..... | 142 |
| 135 | Contaminação de aquíferos (a, b, c)..... | 143 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----|---|-----|
| 01 | Ampliações da vala séptica de Curitiba durante o período de funcionamento..... | 10 |
| 02 | Taxa anual de precipitação pluviométrica em Curitiba, entre 1990 e 2005..... | 11 |
| 03 | Valores médios mensais de evaporação - 1971 a 1998..... | 12 |
| 04 | Quantidade de resíduo contabilizado na vala séptica de Curitiba no período de 1989 a 2005..... | 35 |
| 05 | Resíduos sólidos hospitalares incinerados entre 1996 e 2001..... | 35 |
| 06 | Valores de C e de α em função da declividade e do tipo do solo..... | 38 |
| 07 | Quantidade de água disponível (mm de H ₂ O de solo)..... | 39 |
| 08 | Estimativa da quantidade de chorume gerada entre 1990 e 2005 na vala séptica de Curitiba..... | 40 |
| 09 | Estimativa da quantidade de chorume gerada entre 1990 e 2010 na vala séptica de Curitiba. | 41 |
| 10 | Nivelamento topográfico dos poços de monitoramento – 2006..... | 47 |
| 11 | Condutividade hidráulica dos poços PM11, PM15, PM19, PM20, PM23 e PM24.. | 47 |
| 12 | Velocidade de fluxo - Vr..... | 49 |
| 13 | Resultados de análises de campo em poços de monitoramento - 2006..... | 49 |
| 14 | Aplicação de medicamentos e limite de detecção..... | 70 |
| 15 | Parâmetros que ultrapassaram os limites do CONAMA (2005a) - rios Classe 2 – ponto córrego e lagoa..... | 90 |
| 16 | Parâmetros não avaliados devido ao limite de detecção do método analítico..... | 90 |
| 17 | Avaliação da toxicidade de águas superficiais através de bioensaio com <i>Vibrio fischeri</i> e <i>Daphnia magna</i> | 91 |
| 18 | <i>Micronucleus pisceo test</i> | 91 |
| 19 | <i>Alkaline Comet assay</i> | 92 |
| 20 | Parâmetros físico-químicos e microbiológicos – ponto ESSENCIS, TOSHIBA e córrego..... | 98 |
| 21 | Patógenos causadores de infecção na corrente sanguínea e infecção do trato urinário ao cateter vesical..... | 100 |
| 22 | Análise dos parâmetros microbiológicos em águas situadas na área de interesse do depósito de resíduos dos serviços de saúde..... | 107 |
| 23 | Limites na classificação das águas para coliformes termotolerantes..... | 113 |
| 24 | Padrões de referência para águas doces, salobras e salinas destinadas à recreação de contato primário..... | 113 |
| 25 | Padrões por classe para parâmetros mínimos obrigatórios, considerando o uso das águas subterrâneas para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação..... | 114 |
| 26 | Valores máximos permitidos de microorganismos pela maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas..... | 114 |
| 27 | Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção..... | 116 |
| 28 | Padrão de radioatividade para água potável..... | 116 |
| 29 | Características microbiológicas para água mineral e natural envasadas..... | 118 |
| 30 | Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos em águas destinadas ao consumo humano – legislação alemã..... | 119 |
| 31 | Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos – legislação austríaca... | 119 |
| 32 | Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos nas legislações alemã, austríaca e brasileira..... | 120 |

| | | |
|----|---|-----|
| 33 | Padrões e limites sugeridos para a água destinada ao consumo humano..... | 122 |
| 34 | Presença de fármacos em águas subterrâneas e superficiais..... | 125 |
| 35 | Comparação entre a legislação alemã e brasileira – exemplos de máximo permitido para parâmetros orgânicos..... | 127 |
| 36 | Comparação entre a legislação alemã e brasileira – exemplos de máximo permitido para parâmetros inorgânicos..... | 128 |
| 37 | Limites e necessidade de intervenção para produtos fitofarmacêuticos e biocidas.. Sugestão para implantação de limites de fármacos em água subterrânea para abastecimento público..... | 128 |
| 38 | Sugestão para implantação de limites de fármacos em água subterrânea para abastecimento público..... | 129 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|----|--|-----|
| 01 | Classificação pedológica do solo da região..... | 23 |
| 02 | Classe de enquadramento do rio Barigüi..... | 28 |
| 03 | Resultados da AIQA para o rio Barigüi..... | 28 |
| 04 | Relação de ácido Clofíbrico, Carbamazepina e Primidona com doenças comumente tratadas..... | 55 |
| 05 | Indicação e efeitos do ácido Clofíbrico..... | 55 |
| 06 | Características de aplicação e os efeitos do uso da Carbamazepina..... | 56 |
| 07 | Características de aplicação e os efeitos do uso da Primidona..... | 57 |
| 08 | Coordenadas dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais..... | 68 |
| 09 | Planejamento da coleta de amostras para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais..... | 70 |
| 10 | Demarcação das estações para ensaio geofísico..... | 79 |
| 11 | Classificação dos tipos de condutividade..... | 82 |
| 12 | Influência dos materiais geológicos na detecção da contaminação pelo ensaio geofísico..... | 83 |
| 13 | Principais aplicações dos métodos geofísicos em áreas contaminadas..... | 83 |
| 14 | Agentes patogênicos transmitidos pela água..... | 101 |
| 15 | Doença adquirida x via de transmissão..... | 101 |
| 16 | Principais vírus encontrados em fezes humanas de indivíduo infectado..... | 102 |
| 17 | <i>Clostrídios</i> – patogênese e suas conseqüências..... | 105 |
| 18 | Microorganismos envolvidos na maioria das infecções hospitalares..... | 106 |
| 19 | Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano..... | 115 |
| 20 | Limites estabelecidos para parâmetros indicadores de microorganismos patogênicos – legislação alemã..... | 118 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------------------|---|
| AIDS | - Síndrome da Imunodeficiência Adquirida |
| AIQA | - Avaliação Integrada da Qualidade das Águas |
| ANEEL | - Agência Nacional de Energia Elétrica |
| ANVISA | - Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| APA | - Área de Preservação Ambiental |
| C/A | - <i>Coarse Aquisition Code</i> |
| CEPPA | - Centro de Pesquisa e Processamento |
| CETESB - | - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental |
| CIC | - Cidade Industrial de Curitiba |
| CCIH | - Comissões de Controle de Infecção Hospitalar |
| CFAs | - Compostos Farmacologicamente Ativos |
| CMV | - <i>Cytomegalovirus</i> |
| CONAMA | - Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CTR | - Central de Tratamento de Resíduos |
| DBO | - Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DMSO | - Dimetilsulfóxido |
| DQO | - Demanda Química de Oxigênio |
| DNA | - Ácido desoxirribonucleico |
| EDTA | - Ácido etilenodiamino tetra-acético |
| ESSENCIS | - Central de Tratamento de Resíduos Essencis |
| ETE | - Estação de Tratamento de Efluente |
| FBS | - Soro Fetal Bovino |
| GPS | - <i>Global Positioning System</i> |
| IAP | - Instituto Ambiental do Paraná |
| IAPAR | - Agrônomo do Estado do Paraná |
| IH | - Infecção Hospitalar |
| IML | - Instituto Médico Legal |
| INMETRO | - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| IP | - Polarização Induzida |
| IPPUC | - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba |
| LPH | - Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada |
| LABTOPO | - Laboratório Topográfico |
| LC-MS/MS | - Espectrômetro de massa de cromatografia líquida. |
| LMA | - Fusão Baixo Agarose |
| LPH | - Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada |
| MINEROPAR | - Minerais do Paraná S.A. |
| MNT <i>Test)</i> | - Teste do Micronúcleo Pisceo (<i>Piscine Micronucleus</i>) |
| MPHPs | - Medicamentos e Produtos de Higiene Pessoal |
| NAVSTAR | - <i>Navigation Satellite Time and Ranging</i> |
| OMS | - Organização Mundial da Saúde |
| POPs | - Poluentes Orgânicos Persistentes |

| | |
|-----------|--|
| P | - <i>Precision Code</i> |
| PEAD | - Polietileno de alta densidade |
| PEC | - Concentração previsível no ambiente (<i>Predicted Environmental Concentration</i>) |
| PM | - Poços de monitoramento |
| PMC | - Prefeitura Municipal de Curitiba |
| PRN | - <i>Pseudo Random Noise</i> |
| SAD-69 | - <i>South American Datum-69</i> |
| SIMEPAR | - Sistema Meteorológico do Paraná |
| SMMA | - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba |
| SMSC | - Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba |
| SUREHMA | - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente |
| TOSHIBA | - Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil LTDA |
| TU Berlim | - Universidade Técnica de Berlim |
| UFPR | - Universidade Federal do Paraná |
| VRQ | - Valor de referência de qualidade |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| % | - Porcento |
| Al | - Alumínio |
| C ₆ H ₅ OH | - Fenol |
| Ca | - Cálcio |
| Cl | - Cloro |
| F | - Flúor |
| g | - Grama |
| h | - Horas |
| HCO ₃ | - Bicarbonato |
| K | - Potássio |
| L | - Litro |
| M | - Molar |
| mA | - Miliampere |
| Mg | - Magnésio |
| Mhz | - Megahertz |
| mg | - Miligrama |
| s/n | - Sem número |
| min | - Minuto |
| Mio.DDD | - Milhões de doses diárias |
| ml | - Mililitro |
| Mn | - Manganês |
| Na | - Sódio |
| NaCl | - Cloreto de sódio |
| NaOH | - Hidróxido de sódio |
| NO ₂ | - Nitrato |
| PEAD | - Polietileno de alta densidade |
| pH | - Potencial hidrogeniônico |
| PhACs | - Compostos farmacologicamente ativos |
| PO ₄ | - Fosfato |
| ppm | - Parte por milhão |
| SO ₄ | -Sulfato |
| t/mês | - Toneladas por mês |
| V | - Volts |
| μ | - Micron |
| μg | - Micrograma |
| < | - Menor |
| > | - Maior |
| °C | - Graus Centígrados |
| σ | - Condutividade |
| ρ | - Resistividade |
| ρ _a | - Resistividade aparente |
| F | - Fator de formação |
| R | - Resistência |
| L | - Comprimento |
| S | - Seção transversal do condutor |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | OBJETIVOS GERAIS..... | 2 |
| 1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 2 |
| 2 | LOCALIZAÇÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA | 3 |
| 2.1 | CURITIBA | 3 |
| 2.2 | DEPÓSITO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE DE CURITIBA... | 3 |
| 3 | ORIGEM E GESTÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA..... | 6 |
| 3.1 | JUSTIFICATIVA PARA A LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DA ÁREA | 7 |
| 3.2 | OPERAÇÃO | 8 |
| 3.3 | HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO | 9 |
| 3.4 | TIPOLOGIA DOS RESÍDUOS | 10 |
| 3.5 | CLIMA DA REGIÃO DO EMPREENDIMENTO..... | 11 |
| 4 | GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA DO LOCAL | 13 |
| 4.1 | GEOMORFOLOGIA REGIONAL | 13 |
| 4.2 | GEOLOGIA DA BACIA DE CURITIBA..... | 13 |
| 4.2.1 | Embasamento Cristalino..... | 14 |
| 4.2.2 | Formação Guabirota | 14 |
| 4.3 | GEOLOGIA DA ÁREA DA VALA SÉPTICA..... | 15 |
| 4.3.1 | Geologia da vala séptica – Embasamento Cristalino..... | 19 |
| 4.3.2 | Geologia da vala séptica – Formação Guabirota..... | 20 |
| 4.4 | AFLORAMENTO DIDÁTICO SOBRE A BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA..... | 22 |
| 4.5 | VARIAÇÕES DOS TIPOS DE SOLO NA REGIÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA..... | 23 |
| 4.6 | HIDROGEOLOGIA REGIONAL | 27 |
| 4.7 | HIDROGEOLOGIA DA ÁREA DA VALA SÉPTICA..... | 29 |
| 4.7.1 | Drenagem das águas superficiais do depósito..... | 31 |
| 4.7.2 | Características dos córregos situados na área de interesse do depósito..... | 31 |
| 4.7.3 | Nascentes na área de interesse do depósito..... | 32 |
| 4.7.4 | Percolado oriundo do talude do depósito de resíduos..... | 33 |
| 5 | TRABALHOS ANTERIORES..... | 35 |
| 5.1 | VALA SÉPTICA DE CURITIBA – 1988 a 2005..... | 35 |
| 5.1.1 | Estimativa da quantidade de percolado | 36 |
| 5.1.2 | Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e superficiais - 1994 a 2005..... | 41 |
| 5.2 | VALA SÉPTICA DE CURITIBA – 2006..... | 46 |
| 5.2.1 | Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas em águas subterrâneas – 2006..... | 50 |
| 5.2.2 | Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas em águas superficiais – 2006 | 52 |
| 5.3 | PERSISTÊNCIA DE FÁRMACOS NAS ÁGUAS DE BERLIM/ALEMANHA | 55 |
| 5.3.1 | Localização dos pontos de amostragem | 58 |
| 5.3.2 | Resultado do monitoramento | 59 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | MÉTODOS EMPREGADOS PARA A AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE: VALA SÉPTICA DE CURITIBA/PR..... | 62 |
| 6.1 | QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS RIO E LAGO PRÓXIMOS A VALA SÉPTICA - BIOENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA E ENSAIO DE ECOTOXICIDADE EM PEIXES..... | 62 |
| 6.1.1 | Características do local amostrado..... | 62 |
| 6.1.2 | Análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaio de toxicidade aguda..... | 62 |
| 6.1.3 | Ecotoxicidade em peixes..... | 63 |
| 6.2 | QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS ESSENCIS E TOSHIBA - ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS..... | 67 |
| 6.2.1 | Características do local amostrado..... | 67 |
| 6.3 | PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS..... | 67 |
| 6.3.1 | Características do local amostrado..... | 67 |
| 6.3.2 | Coleta das amostras..... | 69 |
| 6.4 | PRESENÇA DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ENTORNO DA VALA SÉPTICA..... | 70 |
| 6.4.1 | Características do local amostrado..... | 71 |
| 6.4.2 | Coleta das amostras..... | 75 |
| 6.4.3 | Análise dos MPPs - Ácido Clofíbrico, Carbamazepina e Primidona em águas situadas na área de interesse da vala séptica de Curitiba..... | 75 |
| 6.5 | AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO DA ÁREA DA VALA SÉPTICA - LEVANTAMENTO GEOFÍSICO..... | 77 |
| 6.5.1 | Levantamento topográfico..... | 78 |
| 6.5.2 | Posicionamento dos piquetes..... | 79 |
| 6.5.3 | Seleção do método geofísico..... | 82 |
| 7 | RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES..... | 89 |
| 7.1 | RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS CÓRREGO E LAGOA PRÓXIMOS A VALA SÉPTICA..... | 89 |
| 7.1.1 | Análises físico-químicas e microbiológicas..... | 89 |
| 7.1.2 | Bioensaio com <i>Vibrio fischeri</i> e <i>Daphnia magna</i> | 90 |
| 7.1.3 | <i>Micronucleus Pisceo Test</i> | 91 |
| 7.1.4 | <i>Alkaline comet assay</i> | 92 |
| 7.2 | RISCOS ASSOCIADOS AOS PARÂMETROS QUE ULTRAPASSARAM OS LIMITES DA LEGISLAÇÃO FEDERAL BRASILEIRA..... | 92 |
| 7.3 | SENSIBILIDADE DO <i>MICRONUCLEUS PISCEO TEST</i> , <i>COMET ASSAY</i> E BIOENSAIOS <i>VIBRIO FISCHERI</i> E <i>DAPHNIA MAGNA</i> | 95 |
| 7.4 | AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO PONTO ESSENCIS E PONTO TOSHIBA..... | 96 |
| 7.4.1 | Central de Tratamento de Resíduos – ESSENCIS..... | 96 |
| 7.4.2 | Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda..... | 97 |
| 7.4.3 | Resultados da avaliação das águas superficiais - ponto ESSENCIS e ponto TOSHIBA..... | 98 |
| 7.5 | PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS EM ÁGUAS..... | 100 |
| 7.6 | MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS EM ÁGUAS DA ÁREA DO ENTORNO DA VALA SÉPTICA..... | 102 |
| 7.6.1 | Resultado da análise dos parâmetros microbiológicos em águas superficiais da vala séptica de Curitiba..... | 107 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.7 | PADRÕES DE REFERÊNCIA NA LEGISLAÇÃO PARA MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS..... | 111 |
| 7.7.1 | Padrões de lançamento de efluentes provenientes de despejos infectados com microorganismos patogênicos..... | 112 |
| 7.7.2 | Parâmetros microbiológicos na classificação das águas..... | 113 |
| 7.7.3 | Enquadramento das águas subterrâneas..... | 114 |
| 7.7.4 | Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade..... | 115 |
| 7.7.5 | Características microbiológicas para água mineral natural e água natural..... | 116 |
| 7.7.6 | Valores orientadores de qualidade do solo..... | 117 |
| 7.7.7 | Padrões de referência para microorganismos patogênicos - legislações alemã e austríaca..... | 117 |
| 7.7.8 | Diferenças em padrões de referência para microorganismos patogênicos entre as legislações brasileira, alemã e austríaca..... | 118 |
| 7.8 | SUGESTÕES PARA INCLUSÃO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA..... | 121 |
| 7.9 | PRESENÇA DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS..... | 123 |
| 7.10 | RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS MPHPS EM ÁGUAS SITUADAS NA ÁREA DE INTERESSE DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA..... | 125 |
| 7.11 | SUGESTÃO PARA INCLUSÃO NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA FÁRMACOS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS..... | 127 |
| 7.11.1 | Correlação entre a legislação alemã e a legislação brasileira, relacionando limites para parâmetros inorgânicos, orgânicos e microbiológicos..... | 127 |
| 7.11.2 | Sugestão para implantação de limites de fármacos na legislação..... | 128 |
| 7.12 | AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO DA ÁREA DA VALA SÉPTICA - LEVANTAMENTO GEOFÍSICO..... | 130 |
| 7.12.1 | Aquisição, processamento e interpretação dos dados geofísicos na área de interesse da vala séptica de Curitiba..... | 130 |
| 7.12.2 | Mapas de níveis..... | 136 |
| 7.13 | MOVIMENTAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO..... | 143 |
| 8 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 145 |
| 8.1 | ENSAIOS DE TOXICIDADE..... | 145 |
| 8.2 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS..... | 146 |
| 8.3 | PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS..... | 146 |
| 8.4 | PRESENÇA DE COMPONENTES ATIVOS E METABÓLITOS DE MEDICAMENTOS..... | 148 |
| 8.5 | CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO..... | 149 |
| | REFERÊNCIAS..... | 151 |
| | ANEXOS..... | 161 |

1 INTRODUÇÃO

O interesse em realizar esta pesquisa sobre o impacto ao meio ambiente dos resíduos dos serviços de saúde dispostos em valas sépticas surgiu da verificação do que vem ocorrendo no trato com os projetos implantados sem técnicas preliminares de proteção ao solo. A pesquisa efetuada nas águas superficiais e subterrâneas da área do entorno da vala séptica de Curitiba, serve como um alerta aos gestores de demais aterros de resíduos. A disposição ao solo de resíduos domiciliares, ocorrida há mais de 20 anos, trás consigo o resíduo hospitalar, que apenas obteve uma obrigação por força da legislação brasileira para uma segregação e destinação adequada, após 1993. A disposição adequada de resíduos em aterros requer uma impermeabilização prévia do solo e tratamento adequado do percolado gerado.

Este tema, considerado por muitos como básico e que deveria estar sob controle, ainda se encontra em desacordo com o que determina a nossa legislação. O saneamento e tratamento de resíduos perigosos, gerados constantemente pelos estabelecimentos que se comprometem a promover a saúde são ainda ou foram tratados sem o comprometimento merecido. É necessária a avaliação do risco apresentado pelo uso da água para o consumo humano, na dessedentação ou irrigação, das águas impactadas por estes estabelecimentos.

A pesquisa aborda questões como a qualidade da água, vinculada a aplicação da legislação pertinente.

No capítulo 2 está detalhada a localização da vala séptica de Curitiba. O histórico de ocupação da área está apresentado no capítulo 3. A disposição de resíduos dos serviços de saúde em vala séptica foi o gerenciamento adotado pela Prefeitura Municipal de Curitiba durante o período de 1988 a 2005. Durante a sua atividade foram aterradas mais de 62.000 toneladas de resíduos dos estabelecimentos de saúde de Curitiba e sua Região Metropolitana, em 92.440m². Apesar de estar desativada desde 2005, a vala séptica continua a gerar chorume até os dias de hoje.

Dados da geologia e hidrogeologia do local estão no capítulo 4. Salienta-se a proximidade ao aterro de um afloramento didático que apresenta a estratigrafia completa da Bacia Sedimentar de Curitiba, de idade pleistocênica, com todos os tipos litológicos que a compõem.

A estimativa de chorume gerado, a movimentação preferencial da pluma de contaminação e os monitoramentos ocorridos na área estão apresentados na síntese dos estudos realizados de 1994 a 2006, capítulo 5. Neste capítulo também está apresentado o histórico da persistência dos fármacos ao longo do Rio *Nuthegraben*, na região de Berlim/Alemanha.

Em amostras de águas do percolado, córrego, lagoa e nascentes a até 500m da vala foram realizadas análises microbiológicas. Parâmetros físico-químicos, bioensaio de toxicidade aguda e ensaio de ecotoxicidade em peixes foram avaliados nas águas superficiais. A pesquisa sobre a persistência dos fármacos nas águas superficiais e subterrâneas a até 200m da área da vala possibilitaram sugerir limites máximos para a quantidade de fármacos em águas na legislação brasileira. Informações sobre as características do subsolo e extensão da contaminação da área da vala séptica foram efetuada através do levantamento geofísico realizado pelo método da eletrorresistividade. Estes dados contribuíram para delinear os caminhos preferenciais do percolado. O método aplicado está apresentado no capítulo 6 e o desenvolvimento da pesquisa no capítulo 7.

No capítulo 8 estão as conclusões e recomendações, as quais consideraram as legislações brasileira, alemã e austríaca para a determinação de limites máximos de microorganismos patogênicos e fármacos em águas.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Verificar se a vala séptica de Curitiba, mesmo estando desativada desde 2005, permanece veiculando fármacos e microorganismos patogênicos no percolado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar a possibilidade de danos em cordões de DNA de peixes expostos às águas de córrego e lagoa próximos a vala séptica, através dos *Micronucleus Pisceo Test* e *Comet assay*. Comparar os resultados dos testes com parâmetros físico-químicos e ensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*.

Verificar a persistência de contaminantes microbiológicos nas águas superficiais, nascentes e percolados oriundo do depósito. Avaliar, além dos parâmetros indicados pela legislação brasileira, patógenos indicadores de infecção hospitalar. Sugerir critérios mais restritivos à legislação brasileira para o controle e avaliação da persistência de microorganismos nas águas.

Pesquisar a presença de medicamentos em águas superficiais e subterrâneas da área do entorno da vala séptica. Com os dados obtidos confirmar a origem dos contaminantes no córrego e lagoa próximos ao depósito. Sugerir critérios para o controle e avaliação da presença de componentes ativos e metabólitos de fármacos em águas.

Obter dados sobre as características do subsolo e da pluma de contaminação da área da vala séptica de Curitiba.

2 LOCALIZAÇÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA

2.1 CURITIBA

O depósito de resíduos dos serviços de saúde de Curitiba, conhecido como vala séptica, está localizado no município de Curitiba, Estado do Paraná/ Brasil.

Curitiba ocupa uma área de 435,4km² e seu centro está situado na latitude 25°25'40"S e longitude 49°16'23"W na parte menos ondulada do Primeiro Planalto Paranaense (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957, 1959) (Figura 01). Tem uma extensão Norte-Sul de 39 km e Leste-Oeste de 23 km, com uma população estimada de 1.851.215 habitantes em 2009 (IPARDES, 2010).

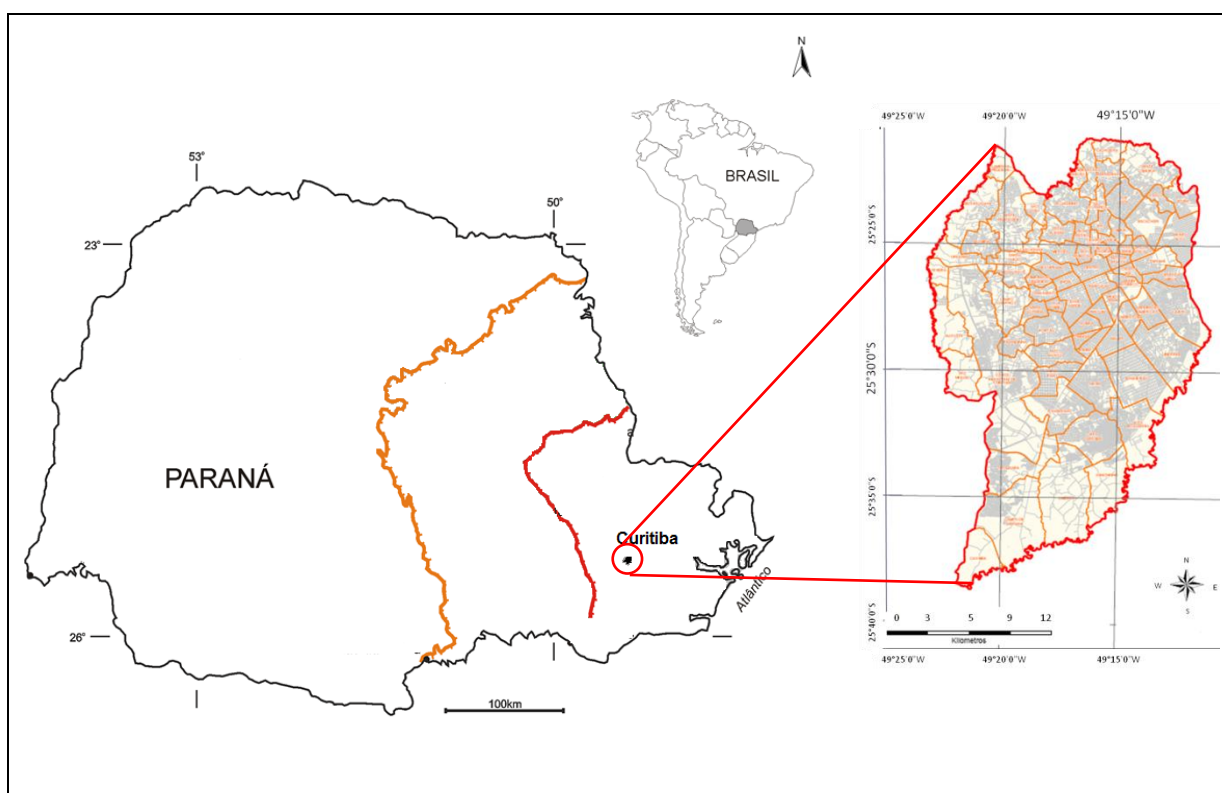


Figura 01: Localização do município de Curitiba no Estado do Paraná (Adaptado de MELO, 2002a, IPPUC, 2010a).

2.2 DEPÓSITO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE DE CURITIBA

A área de estudo localiza-se junto à Avenida Juscelino Kubitschek de Oliveira (s/n) / Contorno Sul, no bairro Cidade Industrial de Curitiba (CIC).

É delimitada pelas seguintes coordenadas UTM (Zona 22): N666678, E7177836; N666691, E7177628; N666287, E7177565; N666305, E7177860.

Ao Oeste, a 1.700m do depósito, está a represa do Passaúna (Figura 02). Inserida na Área de Proteção Ambiental (APA), esta represa é responsável pela captação e abastecimento de 30% da água para Curitiba (ANDREOLI, 2003) (Figura 03). A figura 04 ilustra a ocupação por empresas, ao Norte, Sul, Sudoeste e Oeste do depósito de resíduos.

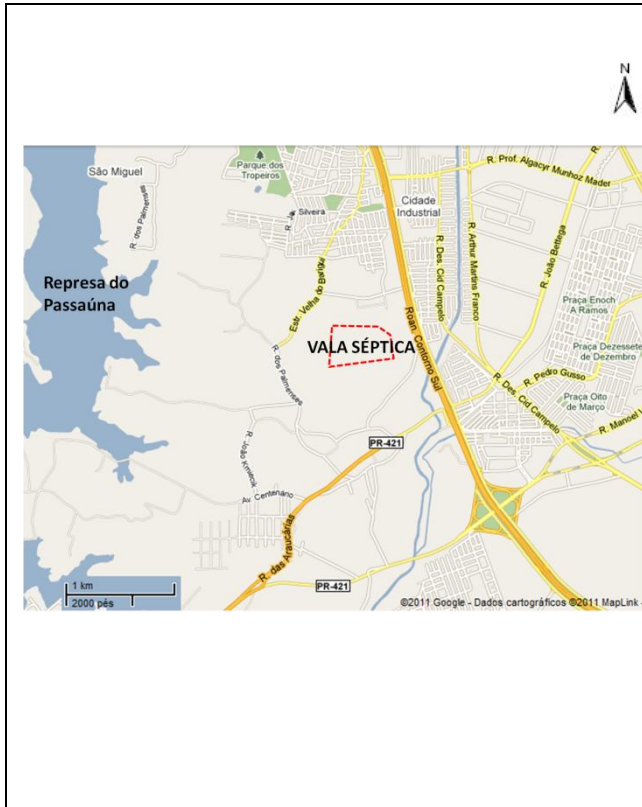


Figura 02: Represa do Passaúna (GOOGLE, 2011).

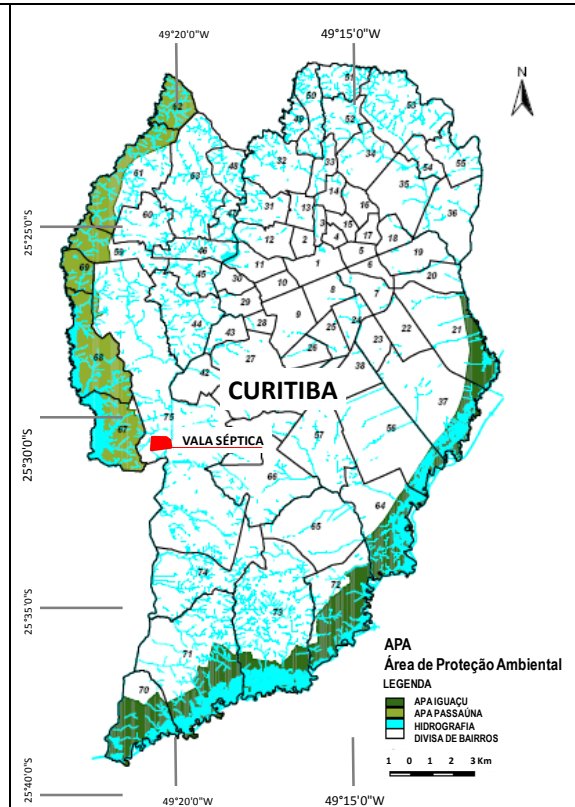


Figura 03: Área de Proteção Ambiental de Curitiba (IPPUC, 2010a).



Figura 04: Foto aérea do depósito de resíduos dos serviços de saúde de Curitiba (GOOGLE, 2011).

Ao Leste do depósito de resíduos encontra-se a Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira – Contorno Sul.

Os conjuntos habitacionais mais próximos do depósito encontram-se a 400m de distância ao Leste e 500m ao Norte. Ao Oeste está situada a empresa Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil LTDA (TOSHIBA), que fabrica e fornece equipamentos para atender o mercado de geração de energia elétrica.

Ao Sudoeste está a empresa Essencis Soluções Ambientais S/A - Central de Tratamento de Resíduos (ESSENCIS), que trabalha com a destinação, tratamento e disposição de resíduos industriais e ao Sul está situada a empresa transportadora Plimor Ltda.

Ao Norte estão situadas as empresas Galvanização Betel Ltda., Parma Química Ltda., Usikraft Indústria Mecânica, Nacional Safe Ltda., Gnoatto Indústria e Comércio Ltda., Compasa do Brasil Distribuidora de Derivados de Petróleo, Alianca Industria e Comercio de Bolsas, Pinheiro Santa Júlia Logística e PSN Montagens Manutenção Industrial.

Na década de 1980 o local do depósito de resíduo dos serviços de saúde foi utilizado como reserva de material de empréstimo, tanto para o depósito como para utilização do solo para fins industriais. Ocorreu alteração na topografia do local e no sistema de drenagem natural. A evolução da ocupação desta área está apresentada nas figuras 05 a 08.

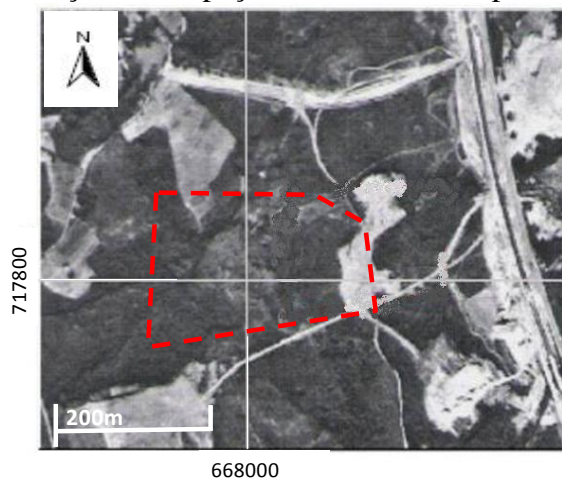


Figura 05: Foto aérea da área do depósito datada de 1980 (BIOLÓGICA, 2006a).

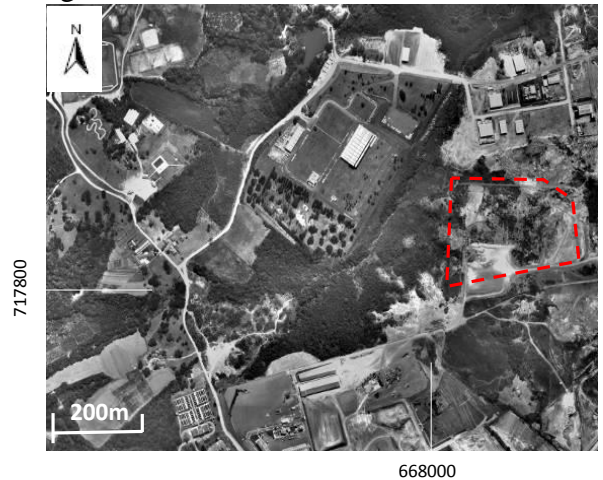


Figura 06: Foto aérea da área do depósito datada de 1999 (IPPUC, 2010b).

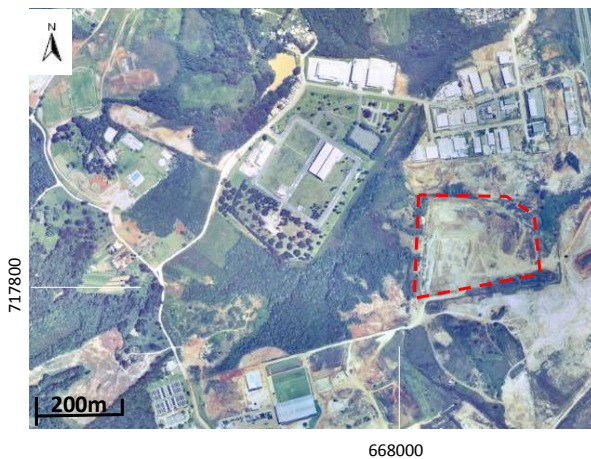


Figura 07: Foto aérea da área do depósito datada de 2003 (IPPUC, 2010b).

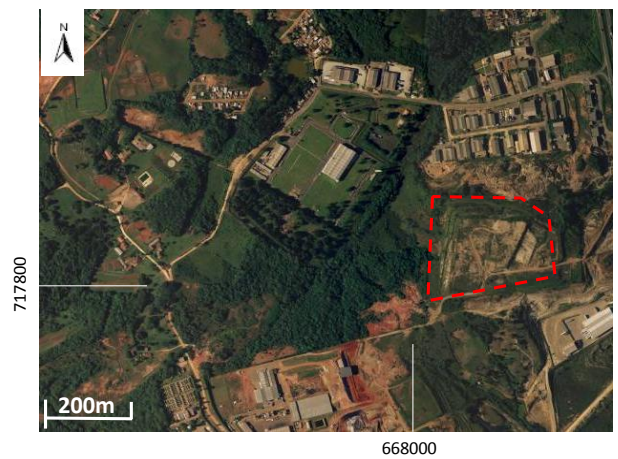


Figura 08: Foto aérea da área do depósito datada de 2008 (IPPUC, 2010b).

Entre 1999 e 2003 houve a expansão ao Norte do depósito. Somente em 2004 que ocorreu a ocupação ao Sudoeste, pela instalação da empresa transportadora Plimor Ltda. Vale salientar que a partir de 2009 as atividades da CTR ESSENCIS se expandiram pelo recebimento de resíduos para a disposição em aterro controlado, oriundos dos grandes geradores¹: supermercados, indústrias e *shoppings centers*, dentre outros.

¹ São considerados grandes geradores estabelecimentos que produzem lixo numa quantidade acima de 600 litros por dia, o equivalente a 30 sacolas de supermercado (SOLUMAN, 2011).

3 ORIGEM E GESTÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (SMMA), em conjunto com o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), em janeiro de 1988, elaborou o projeto que objetivava a destinação adequada dos resíduos dos serviços de saúde oriundos de Curitiba. Ficaram responsáveis pela implantação e operação a Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) e a SMMA. O início da operação com a deposição dos resíduos na vala séptica incluiu Curitiba, naquela época, dentre os 6,4% dos municípios brasileiros com destinação adequada dos resíduos dos serviços de saúde. Mesmo tratando-se de uma atividade potencialmente poluidora, as exigências legais da época não solicitaram a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental precedendo a instalação (BIOLÓGICA, 2006a).

O projeto foi intitulado “Implantação do serviço de coleta, transporte, tratamento e destinação final diferenciado dos resíduos sólidos hospitalares no município de Curitiba e Região Metropolitana”. As orientações para a operacionalização do empreendimento foram (BIOLÓGICA, 2006a):

- “1. Deposição de lixo hospitalar em vala previamente dimensionada para receber o volume produzido no período de projeto.
2. A área para o depósito deverá ser escolhida de acordo com as características físicas.
3. No interior da vala os resíduos serão espalhados e reorganizados sem compactação por retro escavadeira, visando reduzir o volume inicial, através de metodologia empregada em aterro sanitário do tipo trincheira de pequena dimensão.
4. Após essa operação os resíduos receberão cobertura com solo de constituição argilosa numa camada de 30 cm de espessura.
5. Após cobertura com solo será empregada uma técnica de desinfecção denominada “caiação”, visando formar uma camada selante que impeça quaisquer riscos de contaminação.
6. O fundo da vala deve estar, no mínimo, três metros distante do freático, e deverá sofrer processo de impermeabilização objetivando evitar a contaminação do solo e do freático.
7. A área deverá estar totalmente cercada, possuindo acesso único de entrada e saída.
8. A área de depósito deverá possuir sistema de segurança contínua e placas indicativas informando a natureza dos resíduos (CONTAMINADO).
9. Circundando a vala deverá ser executado sistema de drenagem das águas superficiais, visando impedir o acesso das águas na massa de resíduos depositados.”

A escolha da área para a instalação da vala séptica envolvia características que, de acordo com a distribuição urbana de Curitiba e a necessidade de preservação de região de manancial, satisfazia os critérios estabelecidos para a destinação final adequada dos resíduos pelo período de 18 meses em caráter emergencial.

Os seguintes critérios foram estabelecidos pela PMC, em 1988 (BIOLÓGICA, 2006a):

“Aspectos urbanísticos: a área deverá estar situada o mais afastado possível de adensamento populacional, sendo recomendável a distância mínima de 500m de conjuntos habitacionais e similares.

Condições hidrográficas: a área deverá estar afastada a uma distância mínima de 500m de qualquer curso d’água (rios, córregos, riachos, etc).

Condições hidrogeológicas: o freático deverá situar-se a uma profundidade mínima de três metros.

Condições climáticas: a direção dos ventos dominantes deverá ser preferencialmente contrária ao sentido dos adensamentos populacionais.

Condições topográficas: o terreno deverá ser relativamente plano, apresentando condições de obtenção de “material de empréstimo” para o recobrimento dos resíduos depositados.

Condições da vegetação: preferencialmente será utilizada área com cobertura vegetal secundária rasteira, e que apresente barreiras naturais no seu entorno (mata em galeria, morros, ...).

Condições geológicas: a área deverá apresentar preferencialmente solos impermeáveis, isto é, com altos teores de argila, sendo preteridos os solos orgânicos ou turfosos.

Condições de drenagem: a área deverá apresentar boa capacidade de retenção de água e de fácil drenagem.”

3.1 JUSTIFICATIVA PARA A LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DA ÁREA

A vala séptica foi implantada na região Oeste do município de Curitiba, no bairro Cidade Industrial, indicação fiscal – 891600400009, com área total de 40.333m² e área disponível de 20.000 m² (Figura 09).



Figura 09: Vista da área escolhida para o depósito de resíduos dos serviços de saúde em 1988 (BIOLÓGICA, 2006a).

A área foi escolhida por possuir as seguintes características (BIOLÓGICA, 2006a):

“Urbanização: na época da instalação a área ficava a 1.000m de distância do núcleo populacional PROMOPAR – Barigüí II. Era limitada ao Norte por via de acesso de leito natural, localizada em área não urbanizada e protegida por vegetação. Ao Oeste era limitada por empresa particular, ao Sul por área não ocupada de declividade suave, que se estendia até a margem do rio Barigüí e a Leste pela Avenida do Contorno Sul.

Hidrografia: área integrante da bacia do rio Barigüí, distando cerca de 1.000m do seu leito.

Hidrogeologia: a área está localizada em região de interflúvio, com altura da margem do rio Barigüí de aproximadamente 15m, apresentando freático profundo.

Climatologia: a direção dos ventos dominantes era contrária ao sentido do núcleo populacional – Nordeste-Sudoeste.

Topografia: apresentava boas condições de obtenção de material de empréstimo e possuía regiões de relevo suave ondulado.

Vegetação: apresentava uma vegetação rasteira e arbustiva, formando uma barreira natural no seu entorno.

Geologia: quanto à petrologia, esta é formada de materiais provenientes de migmatitos e formação pré-cambriana. Apresentava solos do tipo podzólico vermelho amarelo câmbio – PV 04, de textura argilosa apresentando horizontes A, B, e C bem diferenciados e drenados.

Drenagem: o terreno possuía boa capacidade de retenção de água e boa drenagem.

Acesso: apresentava ampla disponibilidade de vias de acesso por localizar-se à margem direita (sentido Norte-Sul) da Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira/ Contorno Sul, com vias secundárias de penetração em leito natural bem definido.”

Considerações

Verifica-se que os dados da justificativa para a localização da vala séptica **não** foram confirmados:

A área é cercada de nascentes e córregos que estão situadas a menos de 500m da disposição dos resíduos e que contribuem para a formação de afluentes do rio Barigüí.

A área não apresenta nível freático profundo. Poços de monitoramento efetuados em 2006 pela SMMA constataram um nível freático inferior a 1,2m.

A drenagem do terreno não é satisfatória. Em 2009 a SMMA deu início ao projeto de recuperação do sistema de drenagem das águas precipitadas, de pontos de erosão, de estabilidade geotécnica e dos acessos internos e externos da vala séptica.

3.2 OPERAÇÃO

A vala foi inicialmente projetada para depósito de resíduos em “célula padrão”, possuindo: 6m de comprimento, 3m de largura e 3m de profundidade, com capacidade de aterrar 54m³ de resíduo/dia. Neste dimensionamento estava computado 30cm de solo para recobrimento e 1cm para o procedimento de “caiação”. A impermeabilização do fundo da vala era efetuada por uma camada de vedação de argila natural do próprio terreno.

A operação de cobertura dos resíduos imediatamente após o preenchimento da vala, além de tentar formar uma camada impermeabilizante no nível superior da vala, impedia a proliferação de macro-vetores e a propagação de odores oriundos da decomposição do resíduo (Figura 10) (BIOLÓGICA, 2006a).

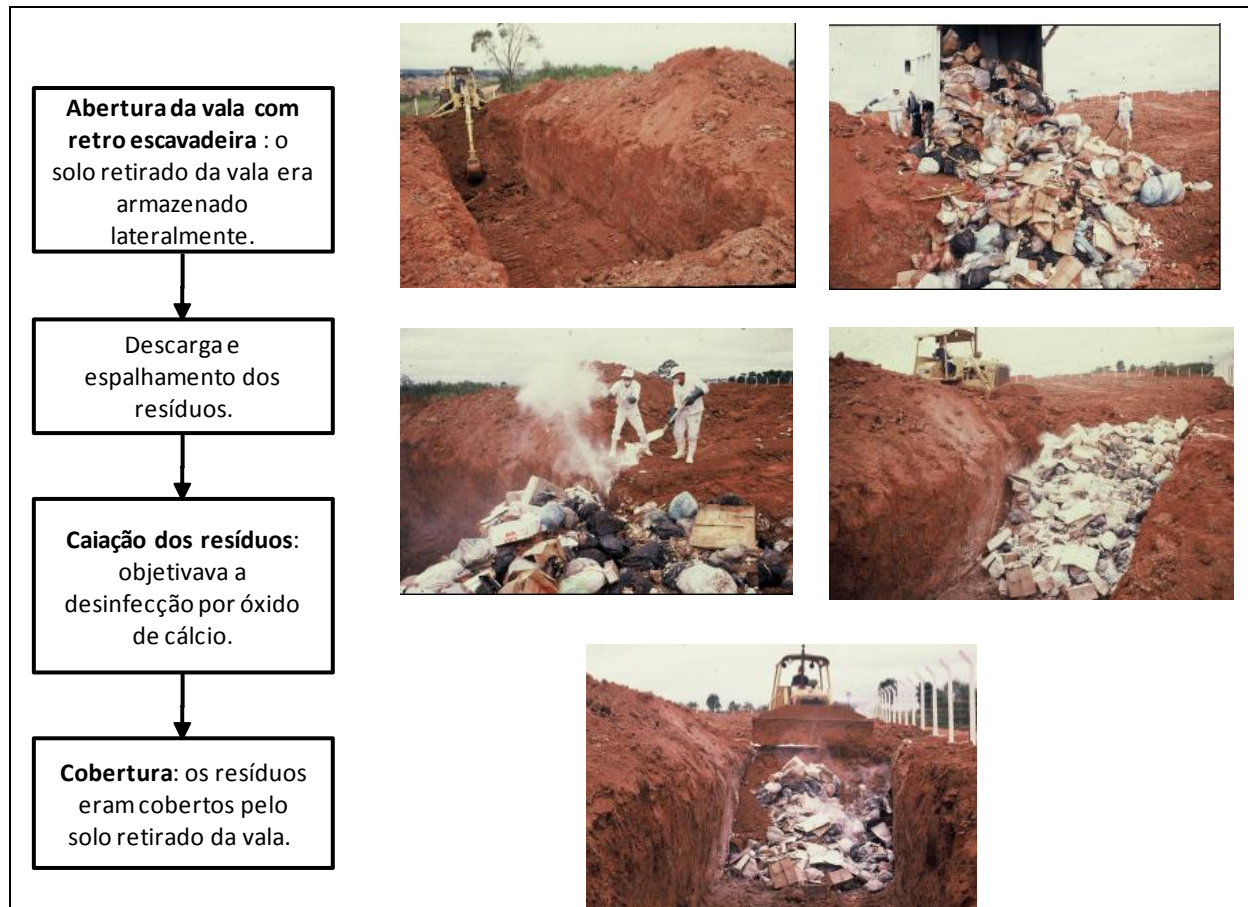


Figura 10: Início da operação da vala séptica de Curitiba (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

Considerações

A técnica de caição consistia na pulverização dos resíduos de serviços de saúde com óxido de cálcio para a eliminação de microorganismos. O estudo apresentado por Rego *et al.* (1993) no Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares evidenciou que não há validade científica que comprove a eficiência desta prática.

3.3 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

A área inicial do projeto era para a ocupação de 10.000m², com o caráter provisório para a operação até o final do mês de julho de 1989. Havia a previsão de implantação de um incinerador central, que entraria em operação de acordo com a Lei Municipal nº 6866/86 (SPINA, 2005).

A área passou por várias ampliações durante o período de funcionamento, que se prolongou até 2005 (Tabela 01).

Tabela 01: Ampliações da vala séptica de Curitiba durante o período de funcionamento (BIOLÓGICA, 2006a).

| | ANO | Área da ampliação (m ²) | Área total (m ²) |
|--------------|------|-------------------------------------|------------------------------|
| Início | 1988 | - | 10.000 |
| 1ª Ampliação | 1990 | 8.000 | 18.000 |
| 2ª Ampliação | 1993 | 18.000 | 36.000 |
| 3ª Ampliação | 1994 | 18.000 | 54.000 |
| 4ª Ampliação | 1997 | 38.440 | 92.440 |
| 5ª Ampliação | 2000 | Talude | 92.440 |

A denominação “vala séptica” permaneceu para este empreendimento, mesmo tendo sido formado talude, pela sobreposição de resíduos.

Até 2005 foram depositadas 62.398,87 toneladas de resíduos de serviço de saúde na vala séptica de Curitiba, com uma média de 315,10t/mês (BIOLÓGICA, 2006a).

O programa de coleta seletiva implantado pela PMC cadastrou diferentes geradores que depositaram resíduos nesta área: clínicas odontológicas, clínicas médicas, unidades de saúde, laboratórios, farmácias, hospitais, clínicas veterinárias, asilos e demais empresas de outras categorias, tais como escolas, aeroportos e ambulatórios.

3.4 TIPOLOGIA DOS RESÍDUOS

A tipologia de resíduo disposto na vala séptica é notadamente de resíduo hospitalar que, de acordo com legislação específica, Resolução CONAMA Nº358/2005 (CONAMA, 2005b), é:

“I - GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

II - GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

III - GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

IV - GRUPO D: Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

V - GRUPO E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.”

A figura 11 sintetiza as características e tipologia do resíduo.

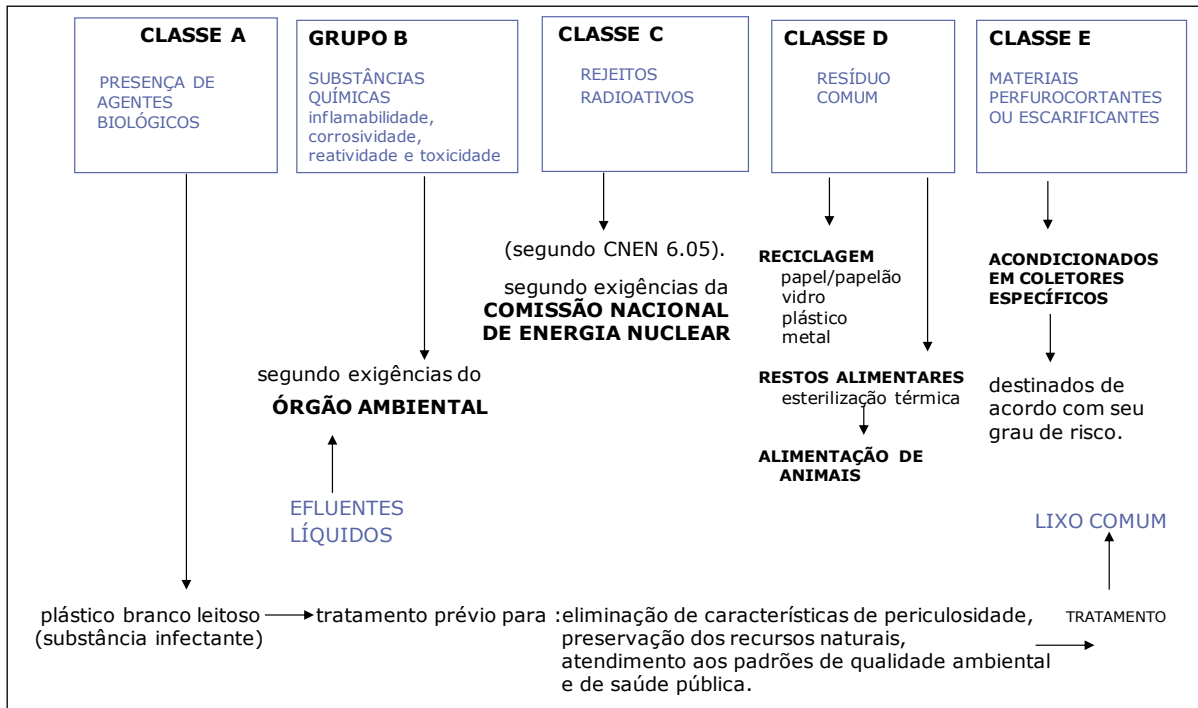


Figura 11: Características do resíduo disposto na vala séptica de Curitiba (adaptado de CONAMA, 2005b).

3.5 CLIMA DA REGIÃO DO EMPREENDIMENTO

O clima desta região é classificado como Subtropical Úmido Mesotérmico com verões frescos (temperatura média < 22°C) e invernos com ocorrências de geadas severas (temperatura média < 18°C). Não apresenta estação de seca. A taxa anual de precipitação pluviométrica, entre 1990 e 2005 está apresentada na tabela 02. Os dados foram verificados na estação 02549081 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e complementados com os dados da estação climatológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (latitude 25°25'; longitude 49°08') e do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) para a região de Curitiba (BIOLÓGICA, 2006b).

Tabela 02: Taxa anual de precipitação pluviométrica em Curitiba, entre 1990 e 2005 (BIOLÓGICA, 2006b).

| ANO | TAXA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO (mm) |
|------|---------------------------------|
| 1990 | 1854,7 |
| 1991 | 1236,9 |
| 1992 | 1513,9 |
| 1993 | 1765,8 |
| 1994 | 1382,5 |
| 1995 | 1615,4 |
| 1996 | 2051,5 |
| 1997 | 1766,9 |
| 1998 | 2125,2 |
| 1999 | 1299,3 |
| 2000 | 1486,2 |
| 2001 | 2020,5 |
| 2002 | 1603,1 |
| 2003 | 1579,9 |
| 2004 | 1402,7 |
| 2005 | 1555,0 |

A média da taxa de precipitação pluviométrica entre 1990 e 2005 foi de 1879,87mm. A maior taxa de precipitação pluviométrica ocorreu em 1996 e atingiu 2051,5mm e a menor taxa ocorreu em 1991 e atingiu 1236,9mm.

Os valores médios mensais de evapotranspiração estão apresentados na tabela 03. Estes valores foram obtidos pelo método Priestley & Taylor e representam a média do período de 1971 a 1998. Dados obtidos da estação climatológica do IAPAR.

Tabela 03: Valores médios mensais de evaporação - 1971 a 1998 (BIOLÓGICA, 2006b).

| MÊS | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | ANO |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Etp (mm) | 117,2 | 100,5 | 94,3 | 74 | 60,6 | 52,4 | 59,4 | 68,2 | 74,2 | 93,9 | 107,4 | 113,7 | 1015,8 |

4 GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

4.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

A morfologia atual do Primeiro Planalto Paranaense (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957, 1959) é constituída por amplas colinas com topos de altitudes máximas em torno de 960m que se articula para os talwegues a 870m de altitude, descrevendo uma sucessão de patamares suaves em que predominam declividades inferiores a 6%, caracterizados como pedimentos, cujas encostas são dissecadas por talwegues menores (CANALI & MURATORI, 1981).

O Primeiro Planalto Paranaense (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957, 1959) constitui um dos compartimentos do relevo escalonado do Estado do Paraná com suave caimento para Oeste e Noroeste. O Segundo Planalto Paranaense sustenta rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná, com algumas intrusivas básicas associadas. É delimitado por dois marcantes degraus topográficos, cada um deles com cerca de 300m de desnível, representados pela "Escarpa Devoniana" a Leste e pela Serra Geral a Oeste (Figura 12) (MELO, 2002b).

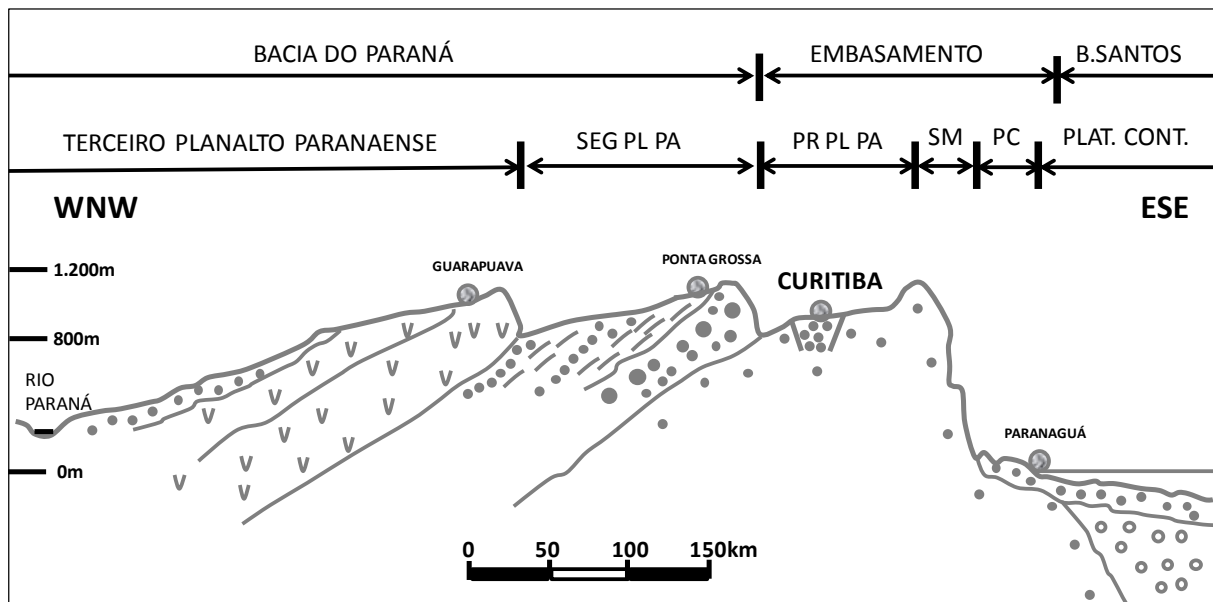


Figura 12: Seção esquemática da estrutura geológica do relevo do Estado do Paraná (SM: Serra do Mar; PC: Planície Costeira) (modificado de MELO, 2002b).

A vala está localizada no Primeiro Planalto Paranaense. Apresenta uma topografia pouco acidentada e está inserida no topo de uma colina plana.

4.2 GEOLOGIA DA BACIA DE CURITIBA

A Bacia Sedimentar de Curitiba aflora por cerca de 3.000km e é uma estrutura de pouca profundidade, com espessura média atual de 28m e máxima de 81m (SALAMUNI, 1998; ARCHELA & YAMAMOTO 2008). É formada por rifteamento e preenchida por sedimentos a partir do Neógeno, no Cenozóico. Esta estrutura apóia-se sobre rochas metamórficas pré-cambrianas, como gnaisses-granitos e metabásicas, em parte migmatizados, e xistos magnesianos, as quais se encontram intensamente fraturadas, com falhas transcorrentes e normais, além de juntas de cisalhamento (SALAMUNI, 1998). A calha da bacia, cuja origem

tem controle estrutural por falhas antigas do embasamento e reativadas no Terciário Inferior, constitui uma depressão rasa e alongada na direção NE-SW (SALAMUNI *et al.*, 1998).

4.2.1 Embasamento Cristalino

As rochas do embasamento da Bacia de Curitiba configuram, entre o Cinturão Ribeira e Cinturão Dom Feliciano, três unidades geotectônicas distintas: Cráton de Luis Alves (microplaca Luis Alves), Domínio Paranaguá (granitóides intrusivos da Serra do Mar) e Domínio Curitiba (microplaca Curitiba) (BASEI *et al.*, 1990).

O domínio Curitiba é constituído basicamente por metabasitos, anfibolitos e metaultrabasitos; corpos gnáissico-graníticos; xistos, quartzitos finos e supostos paragnaisses com quartzofeldspáticos diferenciados; corpos graníticos anatéticos e migmatitos indiferenciados. Ocorrem também com relativa frequência diques de rocha básica, associados ao Arco de Ponta Grossa. Segundo Almeida (1967), o desenvolvimento deste arco foi concomitante à reativação Wealdeniana, responsável não só pelo vulcanismo na Bacia do Paraná e bacias costeiras, mas também por grandes fraturas e falhas distensionais paralelas ao eixo NW-SE, transversais às estruturas do embasamento.

A região de interesse é composta essencialmente por migmatitos indiferenciados, e localmente anfibolitos, xistos, quartzitos com magnetita. Em geral os migmatitos possuem nas bandas claras uma composição félsica (quartzo, feldspato potássico – microclínio – e plagioclásio à andesina) com uma textura nematoblástica, nas bandas escuras apresentam-se formados por biotita, epidoto, minerais opacos, muscovita, titanita e apatita, apresentando uma textura lepidoblástica. As bandas félsicas são paralelas às bandas máficas, com indícios de intensa mobilização fluidal, caracterizando-se na maioria das vezes, um bandamento composicional paralelo a SN, orientado na direção NE-SW. A foliação é proveniente de uma milonitização e/ou ultramilonitização invariavelmente anastomosada. As bandas apresentam espessuras centimétricas a métricas.

As rochas metamórficas do Complexo Atuba predominam no âmbito do Domínio Curitiba, com uma extensão lateral da ordem de 50 a 60km, alongada segundo a direção NE-SW. Limita-se a Noroeste com as seqüências metavulcanossedimentares dos Grupos Açungui e Setuva e a Sudoeste com os gnaisses granulíticos do Domínio Luis Alves (cráton) (SIGA JUNIOR *et al.*, 1995).

4.2.2 Formação Guabirota

Com depósitos aluvionares e em contato discordante erosivo, as coberturas sedimentares da bacia de Curitiba correspondem às formações Guabirota e Tinguis (SALAMUNI *et al.*, 2004). A Formação Guabirota representa a maior parte destes sedimentos, com presença de argilitos, arcósios ou areias arcósianas, além de níveis conglomeráticos, na base da bacia. Eventualmente também estão presentes algumas cascalheiras com seixos de diversas naturezas e caliches ou calcretes (materiais carbonáticos ou camadas areno carbonáticas). Os arcósios ou arenitos feldspáticos, em geral se mostram como areias compactadas, mas pouco consolidadas, com até 60% de feldspato em sua composição (LICCARDO & WEINSCHÜTZ, 2010).

A Formação Guabirota possui espessura máxima de 80m e idade admitida oligo-miocênica por Salamuni (1998). É composta por pacotes lamosos e argilosos, camadas essencialmente arcoseanas, areias e depósitos rudáceos basais. Sobreposta à Formação Guabirota, a

Formação Tinguis tem idade pleistocênica-holocênica e representa os sedimentos retrabalhados da Formação Guabirota (SALAMUNI *et al.*, 2004).

4.3 GEOLOGIA DA ÁREA DA VALA SÉPTICA

A geologia da área é composta basicamente por rochas sedimentares da Formação Guabirota e do embasamento cristalino (Complexo Atuba) (Figura 13).

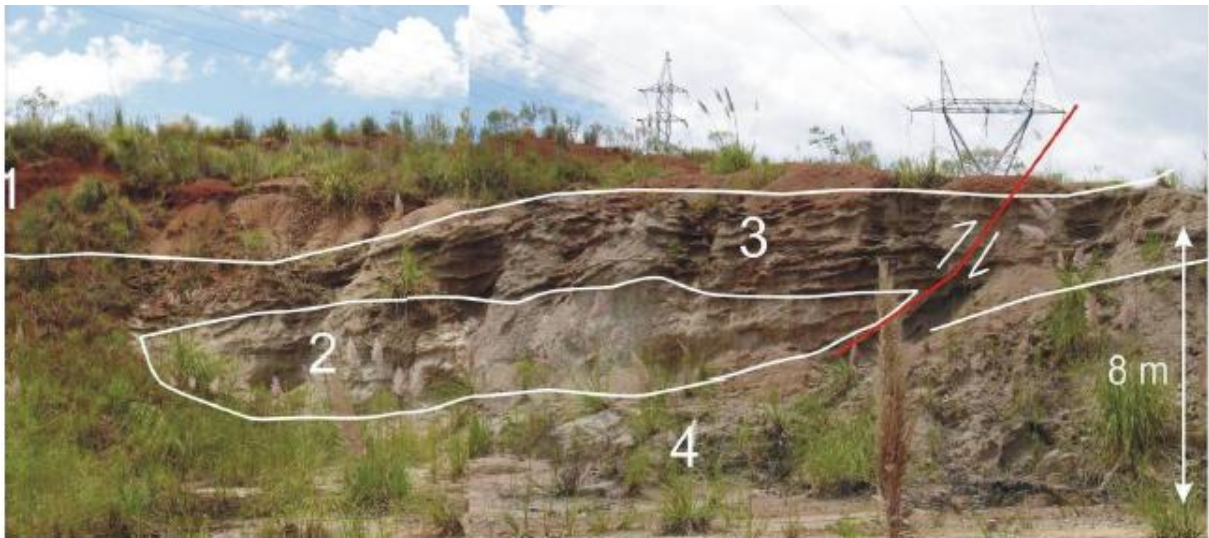
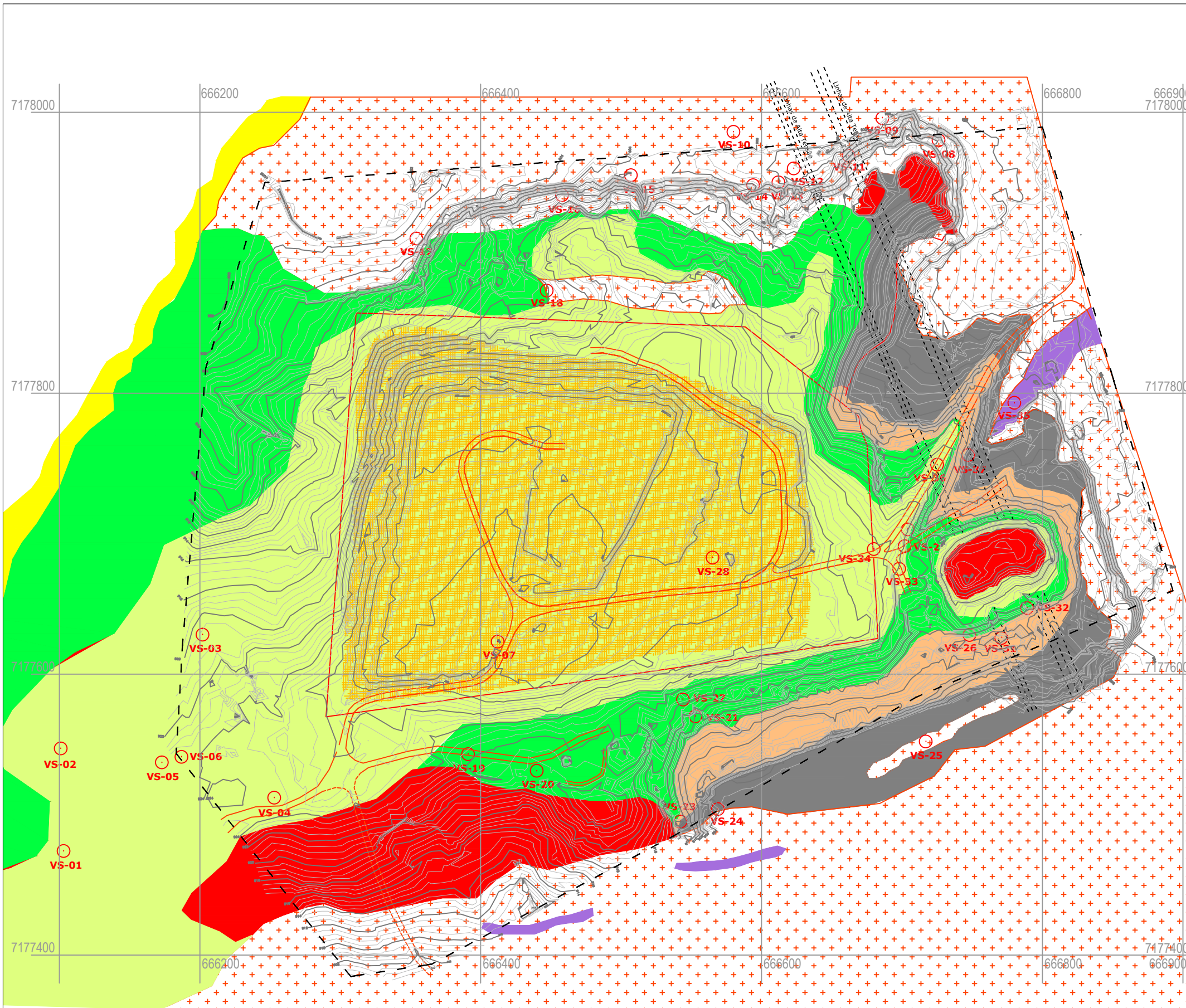


Figura 13: Perfil típico da geologia da área de estudo. (1) solo residual, (2) lente de arenito arcoseano (Formação Guabirota), (3) intercalações de argilitos e siltitos arenosos com plano de falha subvertical (Formação Guabirota) e (4) embasamento cristalino (Complexo Atuba) (BIOLÓGICA, 2006b).

A vala séptica está superposta as rochas areno-argilosos da Formação Guabirota, de idade Terciária (aproximadamente 26 milhões de anos). Este substrato geológico é composto basicamente por afloramentos de rochas sedimentares da Formação Guabirota seguido por regolito do embasamento cristalino associado ao Complexo Atuba.

O mapa da geologia da área (Figura 14), o levantamento planialtimétrico (Figura 15) e o mapa de declividades (Figura 16), elaborados para a SMMA pela Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda., deram subsídios para iniciar em 2009 à implantação do projeto de recuperação do sistema de drenagem das águas precipitadas, de pontos de erosão, de estabilidade geotécnica e dos acessos internos e externos da vala séptica.

No mapa da geológico é possível constatar a presença de materiais oriundos do Arqueano – Proterozóico Inferior, Pleistoceno e Quaternário.



LEGENDA

- Limite da Área de Estudo
 - - - Cercas
 - == Estradas e acessos
 - ~ Curvas de Nivel Mestras Distância 2 m
 - ~ Curvas de Nivel Auxiliares Distância 0,5 m
- Material depositado na antiga Vala Séptica
 Aluvião
 Solo Residual e Transportado indiscriminados

- Formação Guabirotuba**
- Depósitos Rudáceos, apresentam-se no contato com os solos residuais, apresentam clastos e seixos diversos, jur do solo.
 Arcósios, apresentam aspecto homogêneo e cor rósea se estruturas visíveis, são constituídos por fragmentos de quartzo e feldspato, com até 5 mm.
 Argilitos, de aspecto homogêneo, não apresentam estruturas visíveis e ocorrem intercalados aos Siltitos e Arcósios.
 Siltitos, de cor branca, apresentam alta plasticidade e são encontrados na base da Formação Guabirotuba em cont com as rochas do Embasamento Cristalino.

- Embasamento Cristalino (Complexo Atuba)**
- Sericita Xistos, apresentam uma orientação plano paralela das sericitas constituindo uma xistossidade (Sn), a qual é paralela ao bandamento compssional encontrado nos Gnaisses e Migmatitos, apresentam-se em forma de lente sob os Gnaisses.
 Gnaisses e Migmatitos, apresentam bandamento gnaissi com intercalações de níveis compostos por quartzo microcristalino, plagioclásio e biotita, constituindo uma orientação plano paralela dos minerais (Sn), com níveis alterados gerando camadas de argilo minerais.

Informações Técnicas

- Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator);
 - Datum SAD - 69 (South American 1969);
 - Datum Vertical de Imbituva - SC (Ortométrica).

Orientação

CONVERGÊNCIA MERIDIANA $c = -00^{\circ}42'48''$
 COORDENADAS GEOGRÁFICAS REFERÊNCIA
 Latitude: $25^{\circ}30'27,99''S$ Longitude: $49^{\circ}20'38,30''W$

Base:
Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.

Elaborado por:
Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.

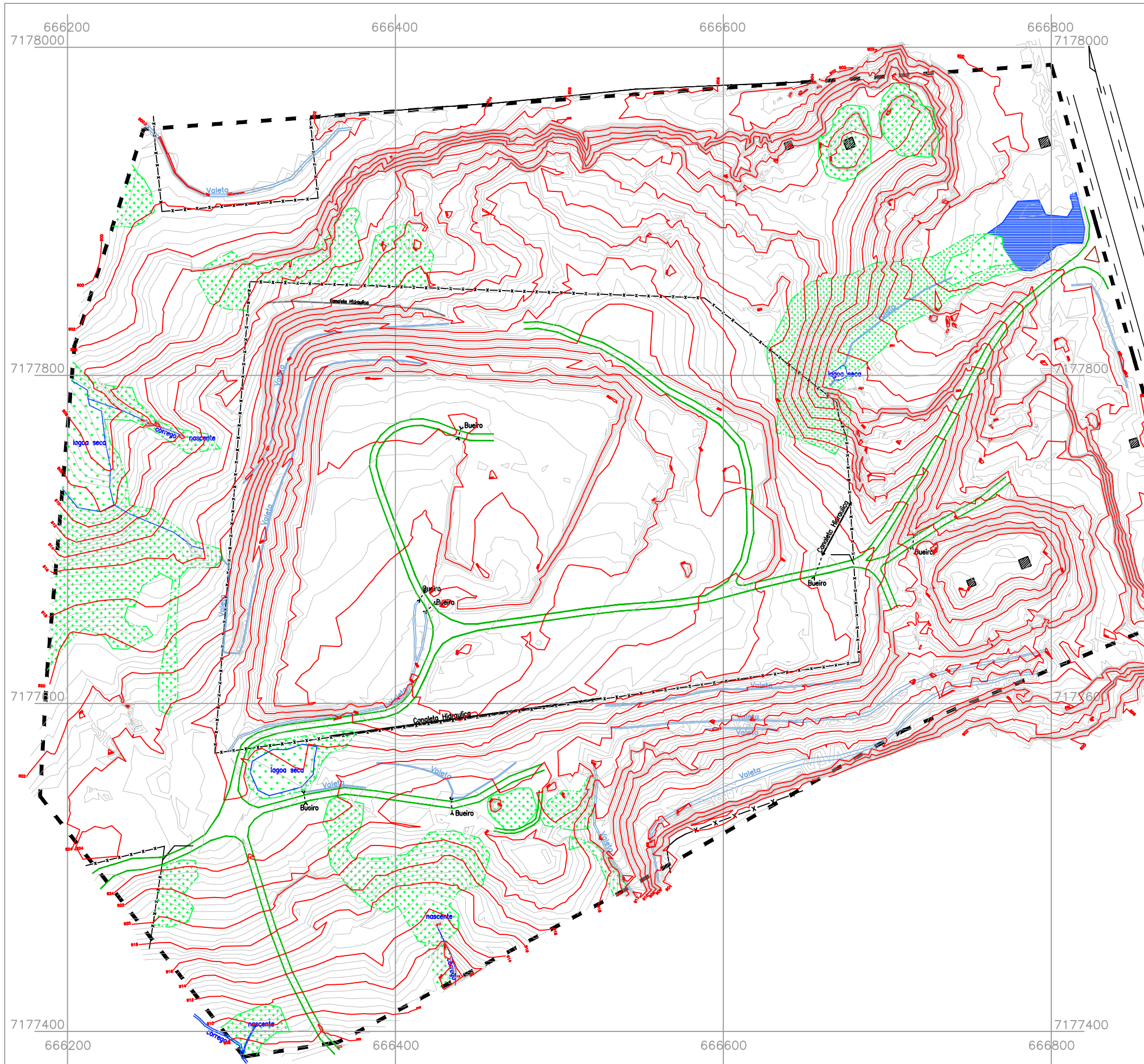
0m 50m 100m

Mapa: **GEOLOGIA**

Escala: 1:3.000 Prancha:

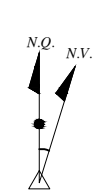
Município: Curitiba-PR Data: Março / 2008

Figura 14: Mapa da Geologia da área (SMMA, 2008).



LEGENDA

- Limite da Área de Estudo
- x — Cercas
- Estradas e acessos
- Curvas de Nivel Mestras Distância 2 m
- Curvas de Nivel Auxiliares Distância 0,5 m
- Córregos
- Lagoa
- Bueiros
- Vegetação adensada

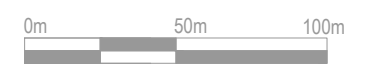


Orientação
CONVERGÊNCIA MERIDIANA $c = -00^{\circ}42'48''$
COORDENADAS GEOGRÁFICAS REFERÊNCIA
 Latitude: $25^{\circ}30'27,99''S$ Longitude: $49^{\circ}20'38,30''W$

Informações Técnicas

- Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator);
- Datum SAD - 69 (South American 1969);
- Datum Vertical de Imbituva - SC (Ortometrica).

Base:
 Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.
Elaborado por:
 Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.

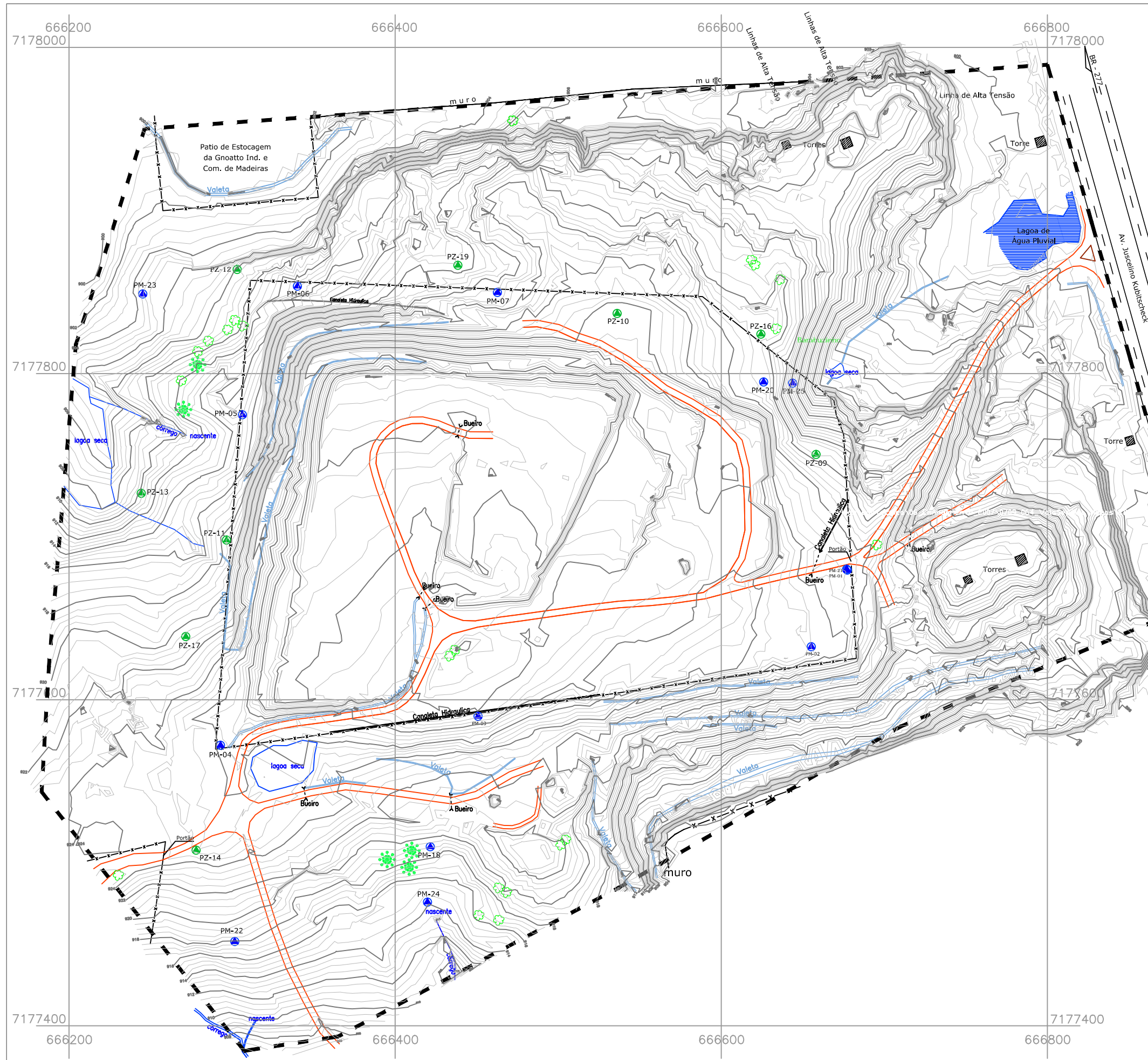


Mapa:
LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL

Escala: **1:2.500** Prancha:

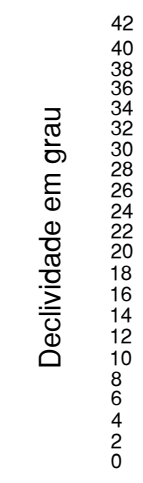
Município: **Curitiba-PR** Data: **Março / 2008**

Figura 15: Levantamento Planialtimétrico (SMMA, 2008).



LEGENDA

- Limite da Área de Estudo
- X - Cercas
- Estradas e acessos
- Curvas de Nivel Mestras Distância 2 m
- Curvas de Nivel Auxiliares Distância 0,5 m
- Arvores Isoladas
- Córregos
- Lagoa
- Bueiros
- Araucárias

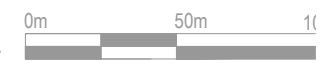


Orientação
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA $c = -00^{\circ}42'48''$
 COORDENADAS GEOGRÁFICAS REFERÊNCIA
 Latitude: $25^{\circ}30'27,99''S$ Longitude: $49^{\circ}20'38,30''W$

Informações Técnicas

- Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator);
- Datum SAD - 69 (South American 1969);
- Datum Vertical de Imbituva - SC (Ortométrica).

Base:
 Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.
Elaborado por:
 Ecotécnica Tecnologia e Consultoria Ltda.



Mapa: **DECLIVIDADES**

Escala: 1:2.500 Prancha:

Município: Curitiba-PR Data: Março / 2008

Figura 16: Mapa de declividades (SMMA, 2008).

O mapa geológico (Figura 17) representa os tipos litológicos da área. Pode ser visualizada a topografia atual do terreno modificada pela construção da vala. A declividade da vala apresenta-se relativamente plana, não ultrapassando os 3% de inclinação. Somente nas áreas onde foram construídos os taludes da vala (a Norte e Sul) são observadas declividades maiores da ordem de 20 a 30% e também nas áreas próximas aos fundos de vale e drenagens naturais (BIOLÓGICA, 2006b).

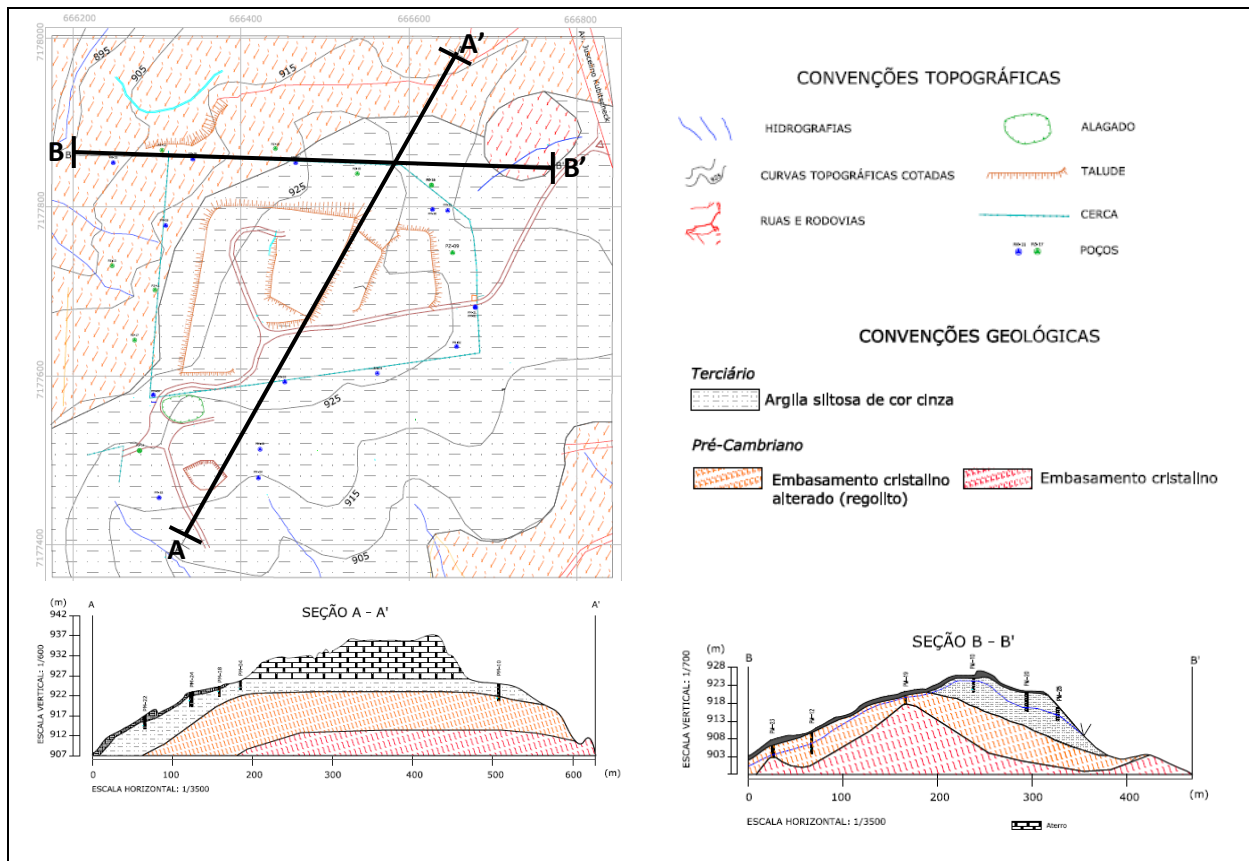


Figura 17: Seções do perfil geológico do depósito de resíduos dos serviços de saúde de Curitiba (BIOLÓGICA, 2006b).

4.3.1 Geologia da vala séptica – Embasamento Cristalino

O embasamento cristalino ocorre, em sua maioria, na porção Norte da área da vala, sendo composto basicamente por regolito argiloso, com fragmentos de quartzo, feldspato e minerais máficos orientados. Apresenta variações de faixas compostas essencialmente de muscovitas (filonito e/ou xisto) e faixas compostas por quartzo recristalizado (quartzito). A figura 18 apresenta o perfil típico de alteração de solo, regolito e rocha sã do Embasamento Cristalino na área da Vala Séptica.



Figura 18: Perfil típico de alteração do embasamento cristalino na área da vala séptica. (1) solo residual argiloso; (2) regolito (BIOLÓGICA, 2006b).

Normalmente o embasamento alterado ocorre em tons de cinza e cinza-claro, entretanto, devido à alteração superficial promovida nos diferentes bandamentos composicionais, são comuns intercalações de cores vermelho, verde e amarelo.

Com relação à composição geotécnica, o embasamento cristalino alterado apresenta-se argiloso e argilo-arenoso, com baixa compactação, plasticidade moderada e friável quando presente faixas essencialmente filissilicáticas (muscovita orientada). O perfil típico de alteração do embasamento é iniciado no topo, com solo vegetal orgânico preto, seguido de argila-siltosa vermelha com quartzo e sericita dispersa, seguida de argila siltosa marrom com fragmentos de quartzo angulosos e orientação mineral reliquiar, e finalmente, o regolito argiloso, areno-argiloso e micáceo, composto por bandas de cores amarelo, marrom, vermelho e cinza-claro.

Através de sondagens e observação de afloramentos existentes na área da vala séptica pôde-se dimensionar uma espessura de 15 a 20m de regolito, argila residual e solo orgânico, associados ao perfil de alteração das rochas do embasamento. O contato com a rocha sã do embasamento cristalino foi definido a partir das sondagens e afloramentos existentes na área do entorno da vala.

A área da vala séptica é cortada por estruturas com direção N30W e N60E, que representam a estruturação geológica das rochas do embasamento cristalino e que afetaram em menor escala as rochas da Formação Guabirota.

4.3.2 Geologia da vala séptica – Formação Guabirota

A Formação Guabirota ocorre na porção central da área de vala, sendo composta basicamente por intercalações de camadas centimétricas com siltito-arenoso. Conforme pode ser observado na figura 19, em área próxima à deposição dos resíduos ocorre um afloramento da Formação Guabirota, o qual apresenta falha inversa e basculamento das camadas sedimentares.



Figura 19: Falha inversa na Formação Guabirotuba (ERBE, 2010).

Ocorrem também camadas métricas de siltito cinza homogêneo e arenito arcoseano (Figura 20). Na base da seção geológica ocorre conglomerado matrix suportado em contato com embasamento cristalino (Figura 21).

Geotecnicamente, as argilas siltosas da Formação Guabirotuba apresentam baixa plasticidade e alta compactação em superfície.

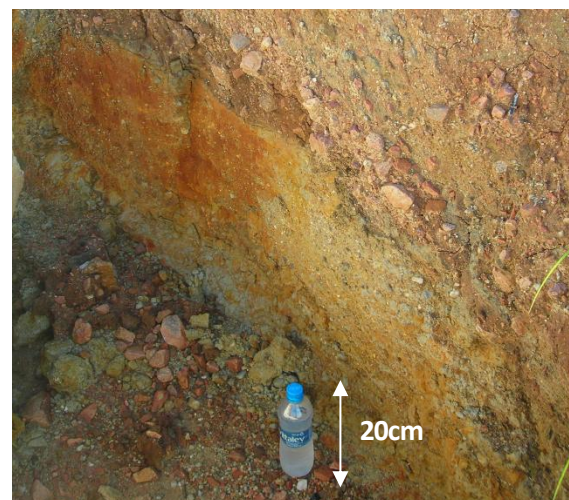
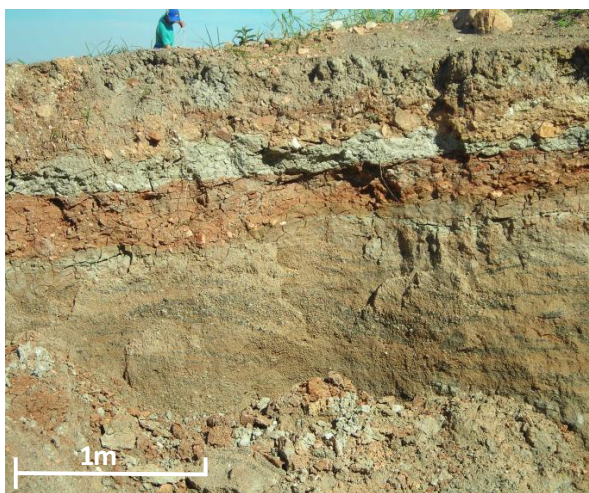


Figura 20: Siltito homogêneo cinza-claro (ERBE, 2010). Figura 21: Conglomerado basal (ERBE, 2010).

4.4 AFLORAMENTO DIDÁTICO SOBRE A BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA

Situado entre a vala séptica e a Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira encontra-se um afloramento que apresenta a estratigrafia completa da Bacia Sedimentar de Curitiba (Figura 22), de idade pleistocênica, com todos os tipos litológicos que a compõem (arcósios, argilitos, siltitos e caliches) e um contato erosivo com o embasamento cristalino (Figuras 23 e 24).



Figura 22: Afloramento didático da Bacia Sedimentar de Curitiba, indicando a vala séptica (GOOGLE, 2011).

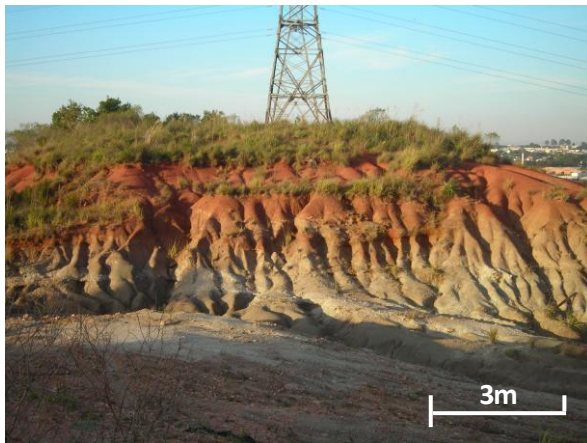


Figura 23: Estratigrafia da Bacia Sedimentar de Curitiba (ERBE, 2010).

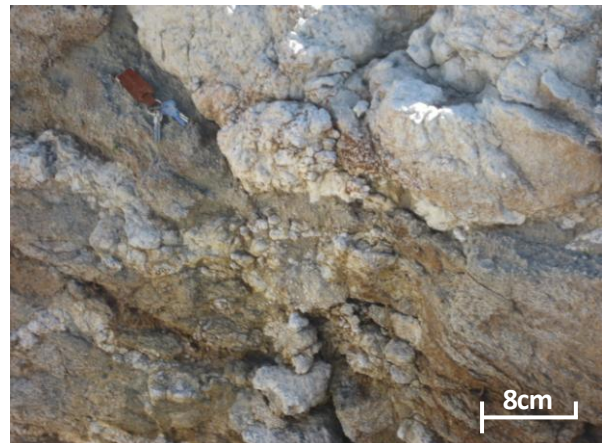


Figura 24: Embasamento cristalino aflorante (ERBE, 2010).

Além da importância geológica do afloramento, salienta-se que em 2009 alunos de geografia encontraram nesta região vestígios fósseis de vertebrados, nunca antes registrados em cem anos de estudos da Bacia Sedimentar de Curitiba (LICCARDO & WEINSCHÜTZ, 2010).

Após pesquisa em diferentes áreas na região de Curitiba, a Minerais do Paraná S.A. (MINEROPAR) propôs que a área do afloramento didático seja considerada de geoturismo e geoconservação. Durante o Congresso Brasileiro de Geologia realizado em Curitiba em 2008, ocorreu o lançamento do livro Geoturismo em Curitiba. A partir deste registro ocorreu a intenção de implantação e desenvolvimento de um projeto urbanístico de estruturação turística neste local, o qual tem como objetivo a preservação deste afloramento. A transformação deste

geossítio em sítio fossilífero é uma parceria entre a PMC, a MINEROPAR e a Ecoparaná (LICCARDO *et al.*, 2010). O projeto tem a previsão de implantação de painéis geoturísticos, definindo um caminhamento adequado pela área, através da construção de passarelas e estacionamento para ônibus escolares, além da infra-estrutura básica para o público. Vislumbra ainda o desenvolvimento deste local, para que resulte em novo atrativo municipal, fora do eixo tradicional, na região centro e norte de Curitiba, incluindo maior parte da população no segmento do turismo (LICCARDO & WEINSCHÜTZ, 2010).

4.5 VARIACIONES DOS TIPOS DE SOLO NA REGIÃO DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA

O perfil do solo é definido pelas diferentes camadas que o formaram. O constante desenvolvimento de alguns horizontes se dá pela ação pedogenética, seja pela interferência de seres vivos ou infiltração de água, entre outros. Numa avaliação rápida pode-se dizer que quanto mais distante a camada superficial do solo encontra-se da rocha, mais intensa ou antiga foi a ação pedogenética.

A classificação pedológica para esta área engloba os tipos de solo apresentados no quadro 01.

Quadro 01: Classificação pedológica do solo da região (BIOLÓGICA, 2006b).

| TIPOS DE SOLO | | CARACTERÍSTICA |
|---|---------------------|--|
| SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS | HG2 | Apresentam textura argilosa fase campo e floresta subtropical de várzea com relevo plano. |
| LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO | LVa6 | Horizonte A pouco profundo, textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia com relevo suave ondulado. |
| | LVa8 | Horizonte A pouco profundo, textura argilosa, fase floresta subtropical com relevo suave ondulado. |
| PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO | PVa21 | Com textura argilosa com cascalho, relevo forte ondulado. |
| PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO LATOSSÓLICO | PVL _a -1 | Com textura argilosa com cascalho, relevo ondulado, horizonte A moderado, fase floresta subtropical perenifólia. |

Os minerais de argila dos solos originados a partir das argilas da Formação Guabirota são representados predominantemente por caulinita, e secundariamente por gibbsita. Proporções subordinadas de minerais interstratificados do grupo clorita-vermiculita estão também presentes. Nos latossolos e solos B textural derivados de argilitos com influência arcoseana, observa-se ainda a presença de pequenas quantidades de illita nos horizontes de sub-superfície. Nas superfícies de erosão das encostas ocorrem concentrações menores de caulinita, com presença de gibbsita na superfície e illita e montmorilonita nas porções mais profundas do solo. A presença de minerais do tipo caulinita e gibbsita, associados a minerais interstratificados do grupo clorita-vermiculita, e de materiais bastantes intemperizados pode ser devida ao rejuvenescimento das superfícies através de processos de erosão (BIOLÓGICA, 2006b).

Os solos superficiais que ocorrem na área do depósito dos resíduos de saúde estão classificados em duas unidades principais associadas ao substrato rochoso em que foram desenvolvidos, isto é, provenientes das alterações de rochas sedimentares da Formação Guabirota e de rochas granitóides proveniente do embasamento cristalino (Figuras 25 a 28).



Figura 25: Perfil típico de alteração do solo residual e rocha alterada (BIOLÓGICA, 2006b).



Figura 26: Detalhe do horizonte de solo A (residual) (BIOLÓGICA, 2006b).



Figura 27: Detalhe do horizonte de solo A (residual) formado sobre rochas sedimentares da Formação Guabirota (BIOLÓGICA, 2006b).



Figura 28: Perfil típico de alteração solo residual vermelho e siltitos da Formação Guabirota (BIOLÓGICA, 2006b).

As figuras 29 e 30 apresentam o resultado da sondagem realizada pela Biológica (2006b) nos poços PM09 e PM13 em janeiro e fevereiro de 2006. Estes poços foram construídos objetivando o monitoramento da área. Características importantes deste monitoramento estão apresentadas no Capítulo 5.

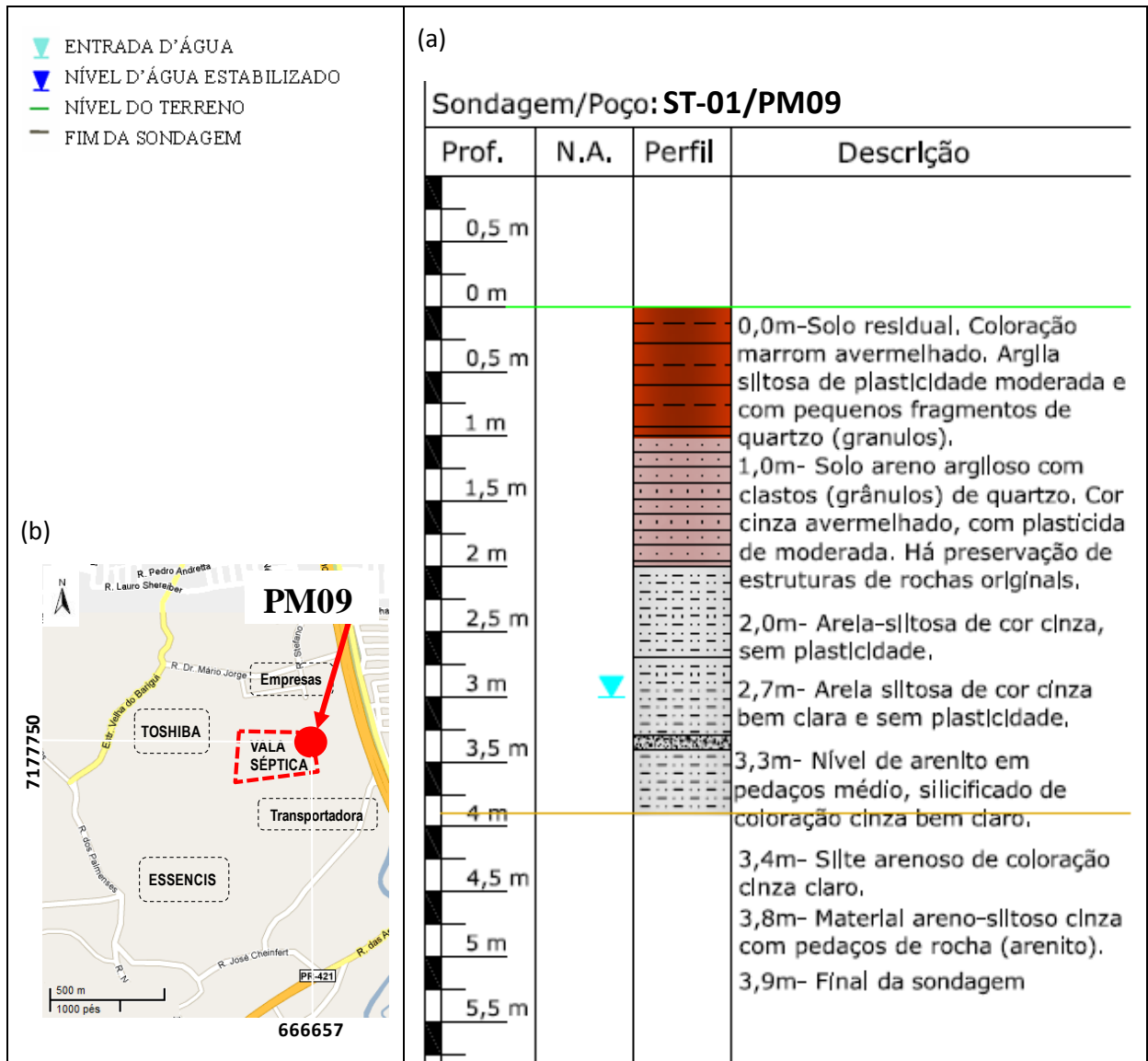


Figura 29: Perfil descritivo do poço PM09: descrição do solo (a) e localização (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

Quando da execução do poço PM09 havia ocorrido chuva nas últimas 24h e foi verificada a entrada de água a 3,0m de profundidade. A sondagem foi feita com 4” de diâmetro e alcançou 3,9m.

O local apresenta em toda a sua extensão exposições do nível freático, pequenos córregos perenes e intermitentes. Analisando os dois poços ilustrados, observa-se que a entrada de água ocorreu a uma profundidade de 3,0m no PM09, situado ao leste da vala e a 5,5m no PM13, situado ao oeste da vala. O ponto de monitoramento PM09 encontrava-se a 918m de altitude e o PM13 a 906m.

Quando da execução do poço PM13 não havia ocorrido chuva nas últimas 24h e foi verificada a entrada de água a 5,5m de profundidade. A sondagem foi feita com 4” de diâmetro e alcançou 8,0m.

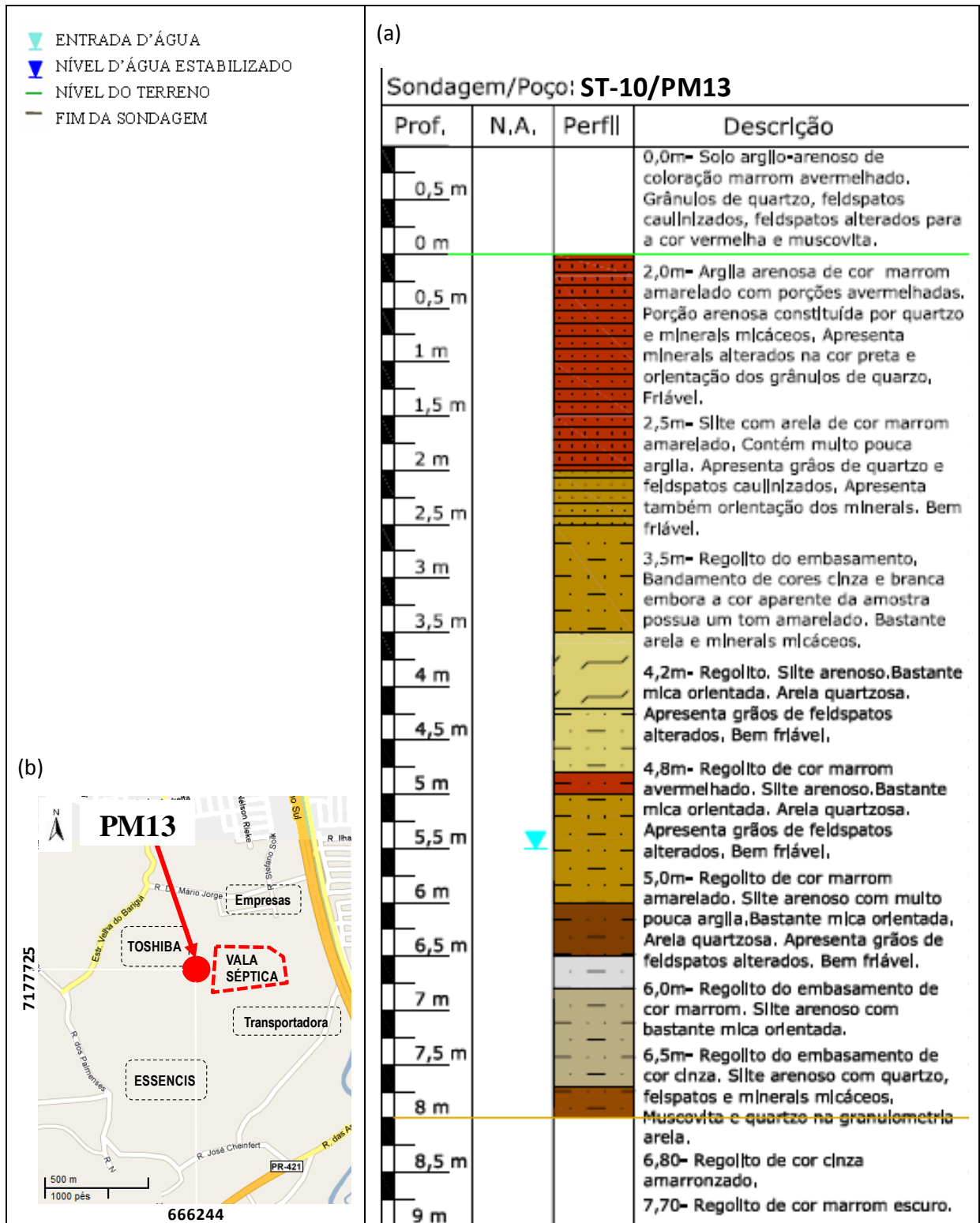


Figura 30: Perfil descritivo do poço PM13: descrição do solo (a) e localização (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

4.6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL

Entre as coordenadas 25° 13' 24" e 25° 38' 23" Sul e 49° 15' 00" e 49° 22' 29" Oeste, localiza-se a bacia do rio Barigüí, na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), percorrendo no sentido geral Norte-Sul os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba e Araucária.

A bacia faz divisa com os municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo, Araucária, Fazenda do Rio Grande, São José dos Pinhais, Pinhais e Colombo. O rio Barigüí é afluente da margem direita do rio Iguaçu; suas nascentes estão localizadas na serra da Betara, próximo à divisa dos municípios de Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul. A extensão do rio Barigüí é de 67km. A área total de drenagem da bacia do rio Barigüí é de 279km², sendo 120km² no município de Almirante Tamandaré, 144km² no de Curitiba, e 15km² no de Araucária. O padrão de drenagem é predominantemente dendrítico (Figura 31) (FROEHNER & MARTINS, 2008).

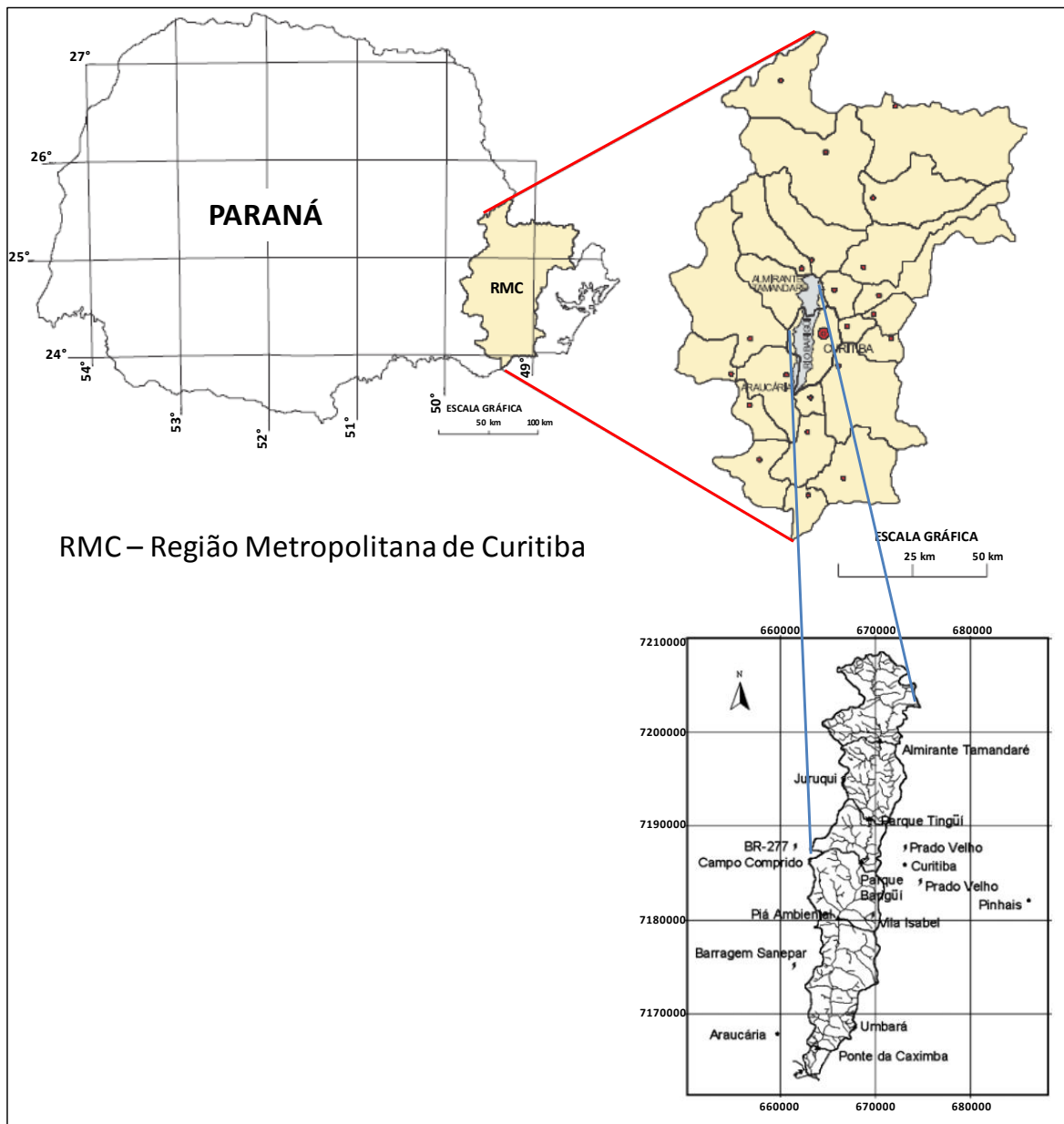


Figura 31: Localização da bacia do rio Barigüí no Estado do Paraná (adaptado de FILL *et al.*, 2005).

Devido ao relevo de Curitiba possuir predominância de maiores altitudes ao Norte do município, todas as seis bacias hidrográficas, constituídas pelos rios Atuba, Belém, Barigüí, Passaúna, Iguaçu e ribeirão dos Padilhas correm para o sul do município, indo desembocar no principal rio de Curitiba, o Iguaçu, que por sua vez desagua no rio Paraná, no Oeste do estado.

A região abrangida pela bacia do rio Barigüí apresenta uma paisagem suavemente ondulada nos terrenos da Formação Guabirota, e um relevo abrupto nas regiões onde predominam rochas pré-cambrianas. A maior parte da bacia apresenta altitudes em torno de 900m. A altitude máxima, 1.126m, encontra-se no limite norte da bacia, na serra de Betara, município de Almirante Tamandaré, próximo à divisa com Rio Branco do Sul. As altitudes mínimas ficam em torno de 800m, junto ao leito do rio Barigüí, no trecho que serve como divisa intermunicipal entre Araucária e Curitiba. O desnível aproximado do rio Barigüí desde suas nascentes até sua foz é de 97m (FROEHNER & MARTINS, 2008).

O rio Barigüí atravessando a RMC passa a ser um típico exemplo de contaminações provocadas por lançamentos de esgotos domésticos e industriais. As águas do rio Barigüí são classificadas, segundo a Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) (PARANÁ, 1992) como Classe 2, a montante do Parque Barigüí, e Classe 3, a jusante do Parque Barigüí.

De acordo com o Parecer Técnico 07/02 DPQ/CEP11 do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (BOSCARDIN, 2008), o rio Barigüí recebeu a classificação de muito poluído (Quadro 02), exceto para a estação Boichininga - A157 e Manoel Ribas - A158 definidas como moderadamente comprometidas.

Quadro 02: Classe de enquadramento do rio Barigüí (adaptado de BOSCARDIN, 2008)

| ESTAÇÃO | RIO | LOCALIZAÇÃO | MUNICÍPIO | CLASSE SUREHMA |
|-------------|----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------|
| AI57 | Barigüí | Boichininga | Alm. Tamandaré | 2 |
| AI58 | Barigüí | Manoel Ribas | Curitiba | 2 |
| AI10 | Barigüí | Ponte da Caximba | Curitiba | 3 |
| AI60 | Barigüí | Conectora 5 | Curitiba | 3 |
| AI61 | Barigüí | Rua João Bettega-Jusante CIC | Curitiba | 3 |

A Avaliação Integrada da Qualidade das Águas (AIQA) efetuada regularmente pelo IAP objetiva fornecer informações sobre a qualidade das águas, por meio de integração dos resultados das análises físico-químicas e biológicas. O resultado destas análises, por um período amostral, estão apresentadas no quadro 03.

Quadro 03: Resultados da AIQA para o rio Barigüí (adaptado de BOSCARDIN, 2008)

| SUBSISTEMA 3 | | AIQA | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Código | RIO | Mar92 - Fev95 | | Mar95 - Fev97 | | Mar97 - Fev99 | | Mar99 - Fev01 | | Mar01 - Fev05 | |
| AI57 | Barigüí | 0,76 | Med. Pol. | 0,76 | Med. Pol. | 0,75 | Med. Pol. | 0,77 | Med. Pol. | 0,76 | Med. Pol. |
| AI58 | Barigüí | 0,84 | Poluído | 0,79 | Med. Pol. | 0,79 | Med. Pol. | 0,79 | Med. Pol. | 0,82 | Poluído |
| AI10 | Barigüí | 1,02 | Muito Pol. | 0,95 | Poluído | 0,95 | Poluído | 0,95 | Poluído | 0,95 | Poluído |
| AI60 | Barigüí | 1,01 | Muito Pol. | 0,89 | Poluído | 0,95 | Poluído | 0,84 | Poluído | 0,95 | Poluído |
| AI61 | Barigüí | 1,12 | Muito Pol. | 0,98 | Poluído | 0,95 | Poluído | 0,95 | Poluído | 0,96 | Poluído |

A avaliação 0,6 a 0,8 indica a qualidade das águas compatível com classe 3. O índice 0,8 a 1,0 com classe 4 e acima de 1 está fora de classificação (CONAMA, 2005).

A Estação AI61, situada a jusante da Cidade Industrial de Curitiba (CIC) está inserida na área de interesse da vala séptica. Este trecho do rio Barigüí, no período de março de 1992 a 2005, enquadrou-se como muito poluído a poluído.

4.7 HIDROGEOLOGIA DA ÁREA DA VALA SÉPTICA

A vala séptica de Curitiba está inserida na bacia hidrográfica do rio Barigüí. Situa-se próxima ao Anel de Conservação Sanitário Ambiental para Curitiba, conforme definido pelo IPPUC (2004), localizando-se a 1.700m da represa do Passaúna (Figuras 32 e 33).

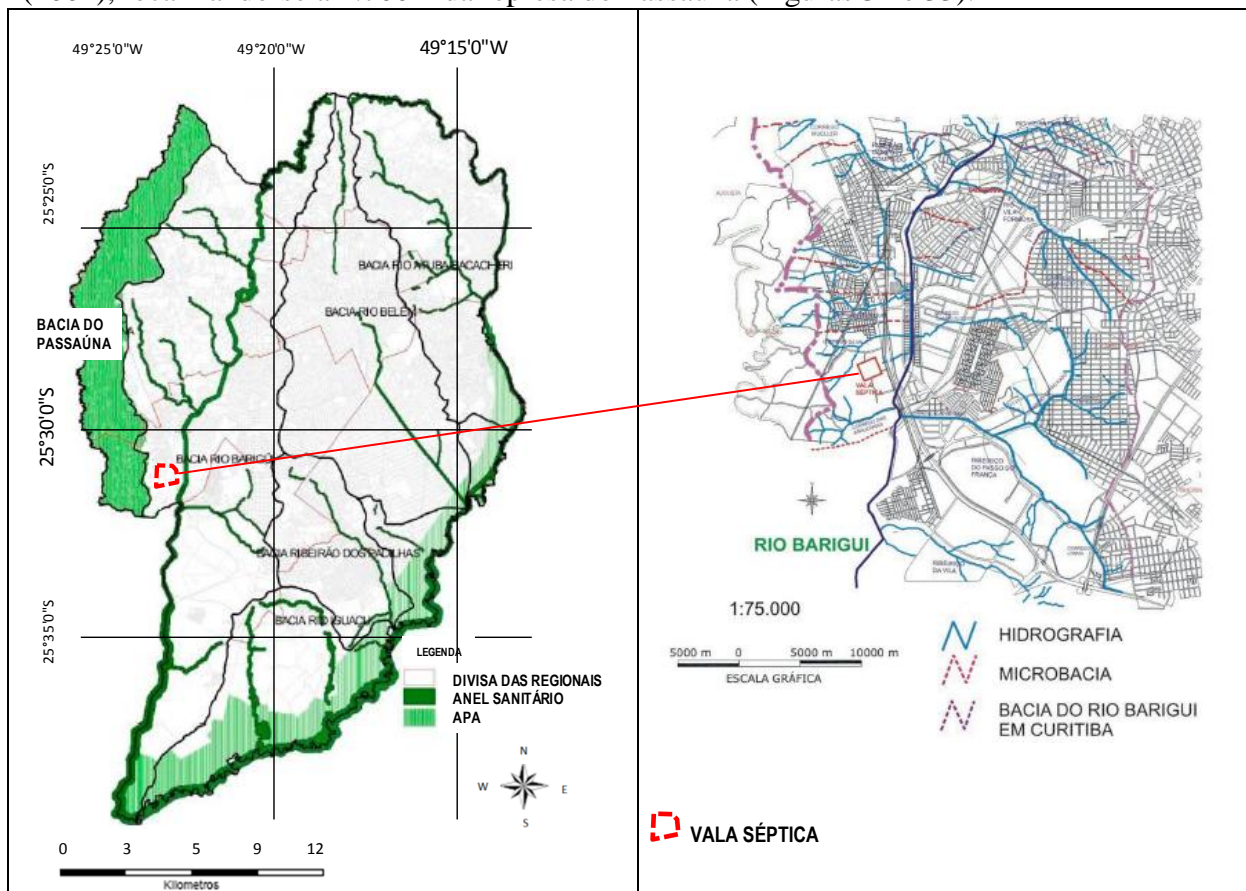


Figura 32: Representação do anel de Conservação Sanitário Ambiental e localização da vala séptica de Curitiba na bacia hidrográfica (adaptado de IPPUC, 2004).

Figura 33: Hidrografia da região (BIOLÓGICA, 2006b).

Situada topograficamente em um divisor de águas, a vala possui ocorrência de vertentes preferenciais que contribuem para o aumento da vazão dos córregos locais. Devido à inexistência de cobertura vegetal nesta área, o solo de cobertura fica exposto a processos de erosão e transporte de sedimentos para as drenagens locais. Observa-se que, em função da topografia, há direções preferenciais de escoamento de águas incidentes sobre a área (Figura 34) (BIOLÓGICA, 2006b).

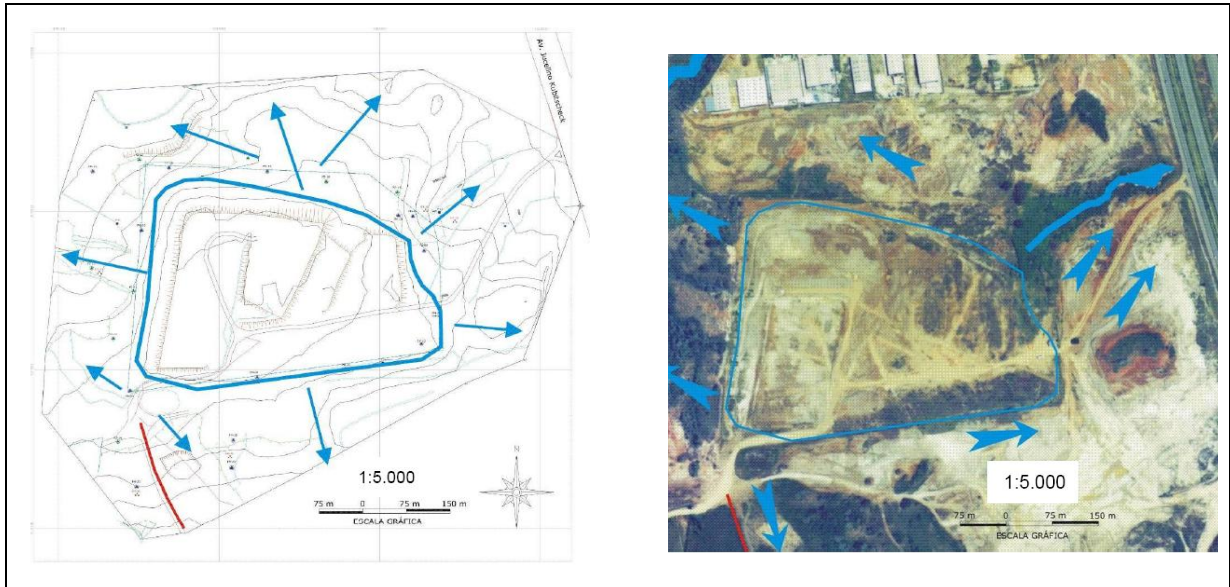


Figura 34: Direções preferenciais de escoamento de águas incidentes sobre a área da vala (BIOLÓGICA, 2006b).

Em 2010 foi dado início à recuperação do sistema de drenagem de estabilização geotécnica da área do depósito, coordenado pela SMMA e elaborado pela construtora “O Betacem Construções Empreendimentos Ltda.”. Durante esta atividade ficaram expostas as fragilidades do empreendimento (Figuras 35 a 38).

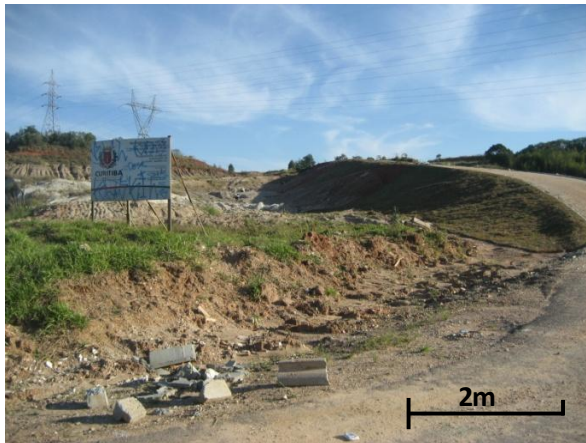


Figura 35: Acesso à vala séptica de Curitiba (ERBE, 2010).



Figura 36: Água repelsada (ERBE, 2010).



Figura 37: Captação de água através de tubulação (ERBE, 2010).



Figura 38: Resíduo aparente durante a implantação da tubulação (ERBE, 2010).

4.7.1 Drenagem das águas superficiais do depósito

Drenagem na face Oeste

A face Oeste é a região onde o depósito de resíduos dos serviços de saúde apresenta alta declividade. A cobertura vegetal existente favorece a infiltração de águas. Estão presentes algumas ravinas de menor significância. Os escoamentos superficiais seguem em direção ao córrego 01 (Figura 39), situado a 250m do limite de disposição de resíduos. Este córrego posteriormente deságua no rio Barigüí.

Drenagem na face Leste

A face Leste do depósito é a região frontal, entrada pela Av. Juscelino Kubitschek. Esta área recebe grande parte das águas drenadas. De acordo com o projeto de recuperação do sistema de drenagem das águas precipitadas, estas águas são direcionadas e parcialmente deságuam em uma lagoa ou seguem seu curso lateral para desaguiarem no rio Barigüí, a jusante da vala (Figura 39). Uma parte significativa do escoamento das águas superficiais segue no sentido Oeste-Leste.

Drenagem na face Sul

O escoamento das águas na face Sul é favorecido pela alta declividade e por não conter cobertura vegetal. Em grande parte, ocorre menor infiltração. A falta de cobertura também favorece o surgimento de ravinas. Nesta face da vala há um sistema artificial de disciplinamento de condução das águas drenadas, acompanhando as curvas de nível, direcionando o fluxo para o escoamento Oeste-Leste. Durante chuva intensa, parte das águas superficiais segue também na direção Norte-Sul. As águas incidentes nesta região, tanto as que seguem no sentido Leste ou as que seguem no sentido Sul da vala, deságuam no rio Barigüí.

Drenagem na face Norte

As águas drenadas também ocorrem na face Norte do depósito. Nesta região as águas seguem a montante do córrego 01 que posteriormente deságua no rio Barigüí.

4.7.2 Características dos córregos situados na área de interesse do depósito

Os córregos denominados 01, 02 e 03 são perenes e estão situados a menos de 500m da área de disposição de resíduos (Figura 39).



Figura 39: Localização dos córregos perenes situados a menos de 500m do depósito (GOOGLE, 2011).

Os córregos recebem grande parte das águas de drenagem da vala. O córrego 01 recebe as drenagens da face Sul, Oeste e Norte. O córrego 02 recebe as drenagens da face Leste.

Córrego 01

O córrego 01 está situado a Oeste da área de interesse e faz divisa entre o depósito de resíduos e a empresa Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda. (TOSHIBA). É o que apresenta maior vazão entre os três córregos. A sua nascente está ao Sudoeste do depósito, próximo à área da Central de Tratamento de Resíduos (ESSENCIS), que atua na atividade de tratamento e deposição de resíduos industriais perigosos, não inertes e inertes. Quando o córrego cruza o terreno da TOSHIBA, recebe a contribuição de um afluente com nascente mais a Oeste. A análise da qualidade das águas do córrego 01, próximo à ESSENCIS, na divisa da TOSHIBA com ESSENCIS e na divisa da TOSHIBA com o depósito de resíduos dos serviços de saúde está apresentada no capítulo 7, item 7.4. Considerando que este córrego é um afloramento natural do aquífero, contribuem para a sua manutenção e permanência as águas de drenagem da região Oeste da vala, bem como as águas subterrâneas da região. Após transpor esta área o córrego passa por regiões habitadas e deságua no rio Barigüí.

Córrego 02

A nascente do córrego 02 está ao Sudoeste do depósito, na área da empresa ESSENCIS. A sua origem está relacionada com a contribuição das águas subterrâneas da região.

Córrego 03

Situado a uma distância a menos de 100m da vala, tem sua origem dentro da área do depósito. É perene em parte de sua trajetória e contribui para a formação da lagoa situada na face Leste, próxima à Av. Juscelino Kubitschek. A qualidade da água da lagoa está apresentada no capítulo 7, item 7.1.

4.7.3 Nascentes na área de interesse do depósito

Devido à grande área de abrangência do depósito, em toda a sua extensão ocorrem afloramentos do nível freático - “olhos d’água”, bem como córregos perenes e drenagens secas. As nascentes possibilitam uma exposição aos aquíferos para a dessedentação ou mesmo irrigação. Por estarem aflorando em região próxima ao depósito, permitem o acesso das águas da região de influência do depósito ao contato direto de homens e animais (Figuras 40 e 41). Esta via de exposição direta está associada a um risco de ingestão, inalação ou contato dermal a possíveis contaminantes oriundos do nível freático (BIOLÓGICA, 2006b).

Durante a pesquisa foi verificado o uso da água de nascente e poço para a dessedentação de animais, consumo humano e irrigação em área de plantio. Estes habitantes estão instalados em área de ocupação ao Sul da vala. Devido às características da localização e proximidade à área de disposição de resíduos industriais e de resíduos oriundos dos estabelecimentos de saúde, foi acionada a SMMA e Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba (SMSC). Estas águas foram avaliadas pela SMSC e os resultados das análises estão apresentados no capítulo 7, item 7.6.1.



Figura 40: Uso de água de nascente situada ao Sul do depósito (ERBE, 2010).



Figura 41: Poço situado a 300m ao Sul do depósito - água utilizada para o consumo humano (ERBE, 2010).

4.7.4 Percolado oriundo do talude do depósito de resíduos

Devido às características de construção, o percolado oriundo do depósito ou infiltra-se no solo ou segue pelo caminho de drenagem preferencial. Durante o período da pesquisa foi verificado que havia um ponto no talude que vertia percolado, situado ao Sudeste da depósito. Constatou-se que o percolado seguia pela valeta e escoava direto no rio Barigüí (Figuras 42 a 44).



Figura 42: Caminho do percolado do depósito até o rio Barigüí (GOOGLE, 2011).

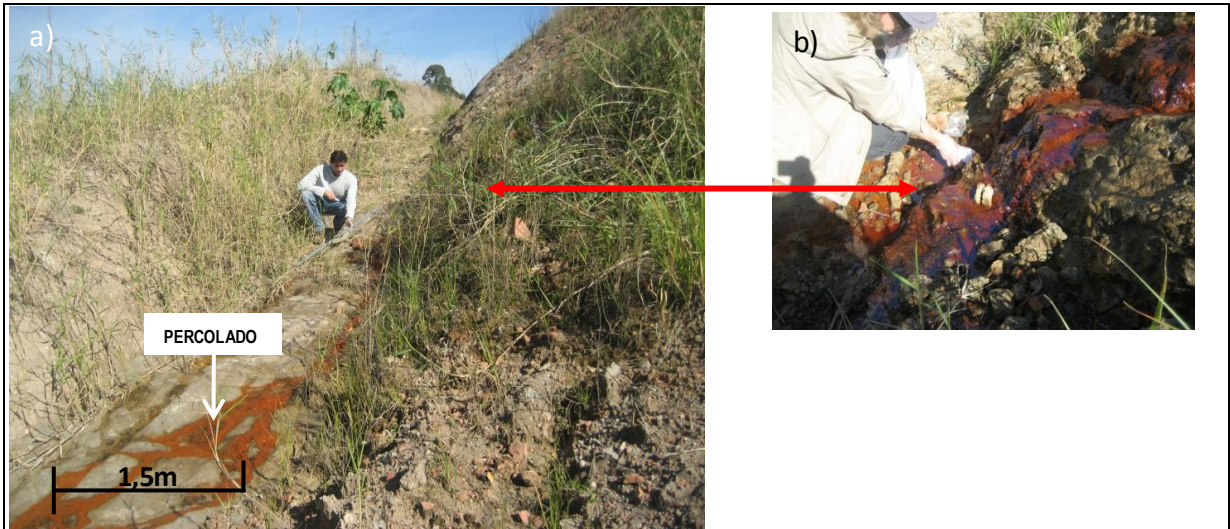


Figura 43: Vertente de percolado oriundo do talude do depósito de resíduos (a) e coleta de amostra (b) (ERBE, 2010).



Figura 44: Percolado oriundo do depósito de resíduos que segue pela valeta direcionada ao rio Barigüí (ERBE, 2010).

Neste ponto foi coletada amostra e pesquisada a persistência de patógenos, apresentada no capítulo 7, item 7.5.

5 TRABALHOS ANTERIORES

Neste capítulo estão apresentados dados disponibilizados pela SMMA de Curitiba dos estudos efetuados em 1994, 2003, 2004, 2005 e 2006 na área da pesquisa. O item 5.3 discorre sobre a persistência de fármacos em águas superficiais e subterrâneas e o resultado do monitoramento efetuado em 2009 para verificar a biodegradabilidade destes compostos na região de Berlim/Alemanha.

5.1 VALA SÉPTICA DE CURITIBA – 1988 a 2005

O início de funcionamento da vala séptica de Curitiba, em 1988, objetivava a ocupação de 10.000m² de área total e operação até o final de julho de 1989. Já em 1990 ocorreu a primeira expansão (18.000m²), alcançando a área de 92.440m² em 1997. Em 2000, houve a última ampliação, acarretando a formação de taludes. O término de funcionamento da vala séptica foi em abril de 2005 (BIOLÓGICA, 2006a). A quantidade de resíduo depositado neste período está apresentada na tabela 04.

Tabela 04: Quantidade de resíduo contabilizado na vala séptica de Curitiba no período de 1989 a 2005 (BIOLÓGICA, 2006a).

| ANO | MÉDIA (t/mês) | TOTAL (toneladas) |
|--------------------|------------------|----------------------|
| 1989 | 211,40 | 2.536,84 |
| 1990 | 228,35 | 2.740,23 |
| 1991 | 245,59 | 2.947,12 |
| 1992 | 261,82 | 3.141,85 |
| 1993 | 303,20 | 3.638,37 |
| 1994 | 349,36 | 4.192,30 |
| 1995 | 360,04 | 4.320,44 |
| 1996 | 397,27 | 4.767,27 |
| 1997 | 404,01 | 4.848,07 |
| 1998 | 354,39 | 4.252,63 |
| 1999 | 314,51 | 3.774,11 |
| 2000 | 300,69 | 3.608,28 |
| 2001 | 304,45 | 3.653,39 |
| 2002 | 355,68 | 4.268,12 |
| 2003 | 376,31 | 4.515,74 |
| 2004 | 354,40 | 4.252,85 |
| 2005 | 235,32 | 941,27 |
| 1989 a 2005 | 315,10 | 62.398,87 |

Entre 1997 e 1998 houve uma queda na disposição de resíduos hospitalares na vala séptica devido a duas decisões da PMC: 1) os resíduos orgânicos oriundos da cozinha dos hospitais passam a ser coletados como resíduos domiciliares comuns e 2) entram em operação seis veículos incineradores de resíduos hospitalares. No período de 1996 a 2001 são incinerados 1217,60 toneladas de resíduos, os quais deixaram de ser encaminhados à vala séptica (Tabela 05).

Tabela 05: Resíduos sólidos hospitalares incinerados entre 1996 e 2001 (BIOLÓGICA, 2006a).

| ANO | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|--------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| QT (t) | 74,63 | 138,05 | 345,88 | 395,30 | 198,91 | 64,83 |
| TOTAL | 1217,60t | | | | | |

Não havendo a adoção generalizada de todos os estabelecimentos de saúde pelo programa de separação adequado do resíduo gerado, houve o reflexo sob a forma de problemas operacionais no processo de incineração, pois o acondicionamento de materiais incompatíveis resultava na queima desnecessária ou incompleta de determinados resíduos. Por razões técnicas, econômico-financeiras e operacionais os veículos incineradores foram desativados gradualmente, a partir de 1999. A figura 45 apresenta esquema funcional do incinerador móvel.

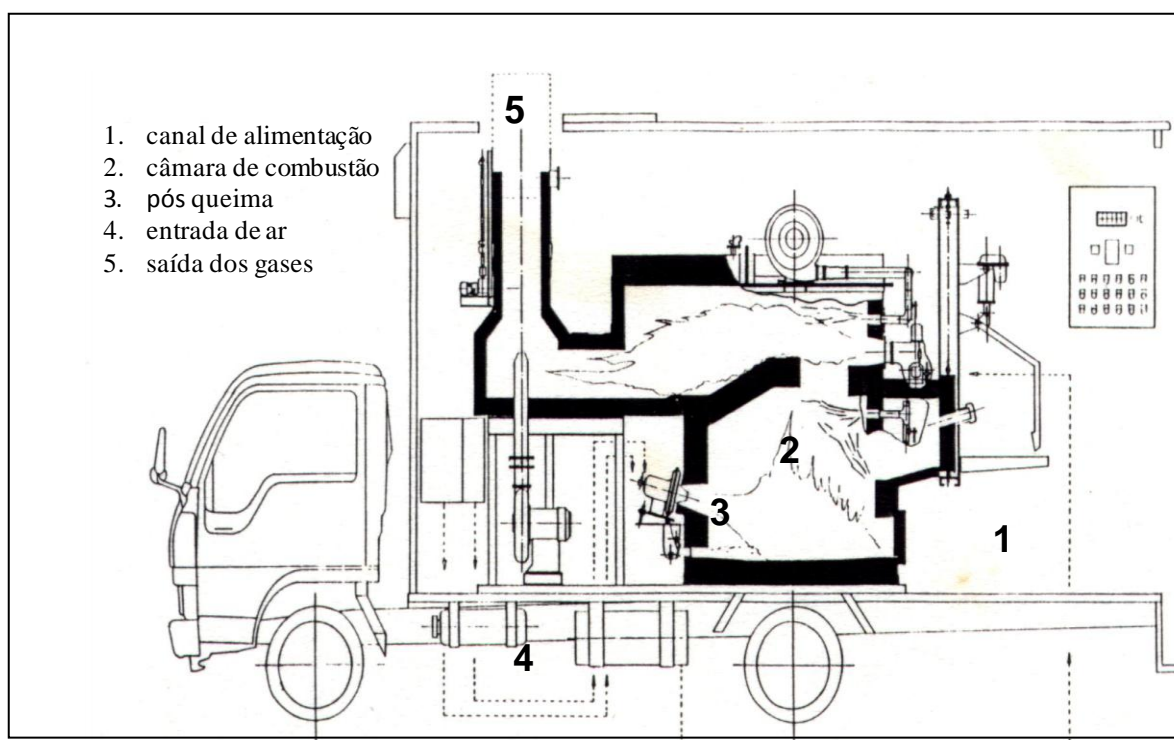


Figura 45: Esquema funcional do incinerador móvel (KIOWA KAKO CO, 1995).

Para o cálculo do material aterrado foi considerada a área de 83.390m^2 . No final do funcionamento da vala séptica a área cercada da vala era de 92.440m^2 .

O volume estimado ocupado para a disposição dos resíduos foi calculado pela diferença de cotas e considerado um rebatimento de dois metros abaixo da topografia da situação de 1980 para a construção das valas. As paredes entre as células foram avaliadas como material contaminado.

O cálculo de cubagem resultou em $742.881,05\text{m}^3$. Quanto a densidade do material, foi considerado que 70% era resíduo hospitalar, com densidade de $0,8\text{t/m}^3$ e 30% de solo de cobertura e material entre células, com densidade de 1.453t/m^3 . A quantidade de material aterrado chegou a 933.875,77 toneladas (BIOLÓGICA, 2006b).

5.1.1 Estimativa da quantidade de percolado

A estimativa da geração de líquido percolado (chorume) é importante para o dimensionamento dos sistemas de coleta, tratamento e para a análise da estabilidade do

maciço, posteriormente formado durante a ocupação da área. O projeto da vala para depósito de resíduos em “célula padrão” não previu um sistema de coleta e tratamento de percolato.

A formação de percolato é principalmente influenciada pela disponibilidade de água, características da cobertura (tipo de solo, vegetação, declividade do terreno, presença de geomembranas, camada de drenagem, etc.), características do resíduo depositado, sistemas de impermeabilização e drenagem do aterro (BOSCOV, 2008).

A estimativa da quantidade de chorume gerado na vala séptica durante os 17 anos de operação foi efetuada em 2006 pela empresa Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. (BIOLÓGICA, 2006a) para a PMC/SMMA, através da ordem de serviço N° 138-2005 – SMMA, denominado: Investigação e diagnóstico do passivo ambiental da vala séptica de Curitiba: histórico da implantação e operação. Os dados foram obtidos pelo método do balanço hídrico que procura expressar o fluxo de água num aterro (Figura 46), levando em consideração, entre outras:

- a quantidade de água precipitada sobre o aterro ocorrida no período,
- a fração de água que escoou superficialmente, em função do tipo de cobertura e de declividade,
- a evaporação,
- a quantidade de água que se infiltra,
- a quantidade de água que fica retida na camada de cobertura, em função da espessura e do tipo de solo utilizado,
- o escoamento superficial,
- o percolato gerado pelos resíduos, e
- a quantidade de água que atinge os resíduos podendo gerar líquidos percolados.

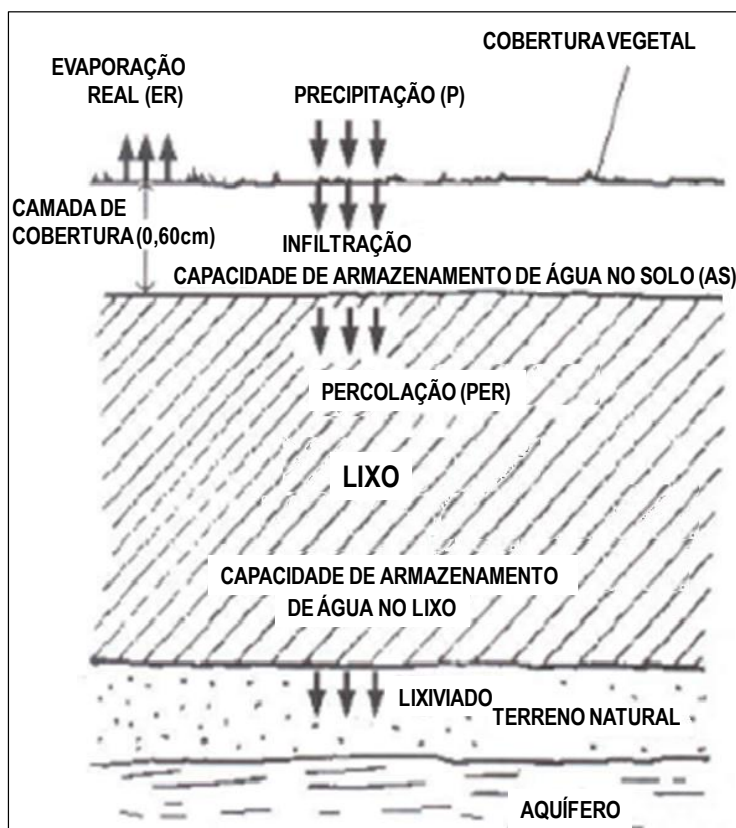


Figura 46: Esquema do balanço hídrico na vala (BIOLÓGICA, 2006a).

De acordo com Boscov (2008), durante a percolação, parte da água pode ficar armazenada no solo da cobertura com conseqüente variação do teor de umidade do solo e o restante atravessa a camada de cobertura e penetra na massa de resíduos. A água retida na massa de resíduos causa variação do teor de umidade dos resíduos. Pela degradação biológica da matéria orgânica pode ocorrer a produção ou consumo de água. Da mesma maneira que a massa de resíduos pode ser alimentada por água infiltrada de aquíferos ou de corpos d'água superficiais, a água, percolado ou chorume presente na massa de resíduos, pode infiltrar no subsolo e alcançar o aquífero subjacente.

Analisando a área da vala observa-se que a água que incide sobre a superfície do aterro pode ser proveniente da precipitação ou do escoamento superficial da área ao redor do aterro. Parte da água que atinge o aterro escoam superficialmente sobre a cobertura e parte volta à atmosfera por evapotranspiração e o restante se infiltra e percola pela cobertura.

O método empregado para estimar a quantidade de chorume gerada entre 1990 e 2010 na vala séptica de Curitiba considerou, mês a mês, os valores médios mensais gerados. Foi levado em conta a característica do solo, composto de 60% de argila e 40% de silte e uma inclinação entre 2 a 7% e que para a cobertura final dos resíduos foi empregado uma espessura média mínima de 0,60m de solo da região. Foram utilizados os valores médios anuais de precipitação e evapotranspiração.

Através da ANEEL, cartas climáticas do IAPAR e SIMEPAR apud Biológica (2006a) foram identificadas chuvas distribuídas em todos os meses, e precipitação média anual de 1.641mm no período compreendido entre janeiro de 1990 a dezembro de 2005. O clima da região foi definido como úmido, apresentando uma máxima precipitação em 1998, com 2.125mm e mínima em 1991, com 1.236mm.

Os seguintes índices foram considerados (BIOLÓGICA, 2006a):

P = Índice de precipitação pluviométrica (mm);

EP = Evaporação potencial, obtida através de evaporímetros convencionais (mm);

ES = Escoamento superficial. Obtido aplicando-se o coeficiente de escoamento superficial (C') vezes as médias mensais de precipitação.

$$ES = C' \cdot P$$

$$C' = \alpha \cdot C$$

Sendo que **C** depende do tipo de solo, da declividade e da estação do ano, conforme demonstrado na tabela 06.

Tabela 06: Valores de **C** e de α em função da declividade e do tipo do solo (BIOLÓGICA, 2006a).

| TIPO DE SOLO | DECLIVIDADE | COEFICIENTE α | |
|--------------|-------------|----------------------|---------------|
| | | ESTAÇÃO SECA | ESTAÇÃO ÚMIDA |
| Arenoso | 0 a 2 | 1,17 | 0,34 |
| C = 0,30 | 2 a 7 | 0,34 | 0,50 |
| Siltoso | 0 a 2 | 0,25 | 0,39 |
| C = 0,35 | 2 a 7 | 0,40 | 0,53 |
| Argiloso | 0 a 2 | 0,33 | 0,43 |
| C = 0,40 | 2 a 7 | 0,45 | 0,55 |

I = Infiltração, sendo **I = P - ES**

I - EP = a diferença entre a quantidade de água infiltrada e evapotranspirada. Valores negativos significam perda potencial de água armazenada no solo e os valores positivos representam recarga de água no solo, podendo resultar em percolação, se for ultrapassada a capacidade de campo do solo.

ΣNEG (I - EP) = Perda potencial de água acumulada. Representa a quantidade de água armazenada no solo que é perdida pela evapotranspiração. É obtida somando-se mês a mês apenas os valores negativos de (I - EP), começando-se pelo primeiro mês que apresente valor negativo. Este procedimento supõe que no final da estação úmida, correspondente ao último mês que apresenta valor positivo para (I - EP), a capacidade de campo do solo foi plenamente atingida, mesmo que na prática isto não se verifique. Para os meses que apresentem valores positivos para (I - EP) é atribuído o valor 0 (zero), para ΣNEG (I - EP).

AS = Armazenamento de água no solo. Representa a quantidade de água presente no solo e foi obtido da seguinte forma:

- calcula-se a quantidade de água disponível pela capacidade de campo da camada de solo de cobertura (AS_c), que é obtida multiplicando-se a água disponível por metro de solo pela profundidade da zona de raízes (considerada igual à espessura da camada de cobertura). A tabela 07 apresenta a quantidade de água disponível em função do tipo de solo de cobertura.

Tabela 07: Quantidade de água disponível (mm de H₂O de solo) (BIOLÓGICA, 2006a).

| TIPO DE SOLO | CAPACIDADE DE CAMPO | PONTO DE MURCHAMENTO | ÁGUA DISPONÍVEL |
|---------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Solo arenoso | 200 | 50 | 150 |
| Solo siltoso | 300 | 100 | 200 |
| Solo argiloso | 375 | 125 | 250 |

- O valor obtido para AS_c representa a quantidade máxima de água armazenada no solo, não devendo ser ultrapassado.

ΔAS = é a troca de armazenamento de água no solo. Representa a variação da quantidade de água armazenada no solo, mês a mês. Representa a diferença entre a quantidade de água armazenada em um mês e a armazenada no mês anterior.

$$\Delta AS = AS_n - AS_{n-1}$$

ER = é a evaporação real. Representa a quantidade real de perda de água durante dado mês. Para os meses em que a infiltração é maior que a evaporação potencial, onde (I - EP) > 0, a evaporação ocorre em seu máximo nível, sendo que ER = EP. Nos meses em que a infiltração é menor que a evaporação potencial (I - EP), a evaporação real é condicionada ao grau de umidade do solo, podendo ser determinada pela expressão:

$$ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$$

Que pode ser resumida na seguinte expressão:

$$ER = I - \Delta AS$$

PER = Percolação. É calculada pela seguinte expressão:

$$\mathbf{PER = P - ES - \Delta AS - ER}$$

QM = Vazão mensal de líquido percolado. É calculada a partir da expressão:

$$\mathbf{QM = \frac{PER \cdot A_{cont}}{2.592.000}}$$

Onde:

QM = vazão mensal de líquido percolado.

PER = altura mensal percolada (mm).

A_{cont.} = área de contribuição da seção considerada (m²).

A quantidade de chorume foi calculada ano a ano, considerando o histórico de ocupação da área da vala (Tabela 08).

Tabela 08: Estimativa da quantidade de chorume gerada entre 1990 e 2005 na vala séptica de Curitiba (BIOLÓGICA, 2006a).

| ANO | ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m²) | VAZÃO mensal (L/s) | VAZÃO (L/ano) |
|---------------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| 1990 | 12.500 | 0,116907120 | 3.686.782,94 |
| 1991 | 15.000 | 0,140288544 | 4.424.139,52 |
| 1992 | 18.000 | 0,168346253 | 5.308.967,43 |
| 1993 | 36.000 | 0,336692506 | 10.617.934,87 |
| 1994 | 42.000 | 0,392807923 | 12.387.590,66 |
| 1995 | 48.000 | 0,448923341 | 14.157.246,48 |
| 1996 | 54.000 | 0,505038759 | 15.926.902,30 |
| 1997 | 63.500 | 0,593888170 | 18.728.857,33 |
| 1998 | 73.000 | 0,682737581 | 21.530.812,35 |
| 1999 | 82.500 | 0,771586992 | 24.332.767,38 |
| 2000 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| 2001 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| 2002 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| 2003 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| 2004 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| 2005 | 92.440 | 0,864551534 | 27.264.497,18 |
| Média Ano | 62.446 | 0,5840329 | 18.418.061,52 |
| VOLUME TOTAL 1990 a 2005 | | 294.688.984 litros | |

A vazão média de chorume gerado foi estimada em 0,548 L/s, sugerindo que até 2010 a vala gerou 403.746.973 litros de percolados (Tabela 09). Estima-se ainda que nos anos subsequentes a geração continue de 0,864 L/s, 75.735 L/dia, 2.272.041 L/mês, 27.264.497 L/ano ((BIOLÓGICA, 2006a).

Tabela 09: Estimativa da quantidade de chorume gerada entre 1990 e 2010 na vala séptica de Curitiba.

| ANO | ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m ²) | VAZÃO mensal (L/s) | QUANTIDADE DE MATERIAL PERCOLADO |
|-------------|--|--------------------|----------------------------------|
| 1990 a 2010 | 92.440 | 0,584 | 403.746.973 litros |

5.1.2 Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e superficiais - 1994 a 2005

O primeiro monitoramento efetuado na vala séptica de Curitiba foi em 1994, seguido dos monitoramentos em 2003, 2004, 2005 e 2006.

A vala séptica foi monitorada através da análise de águas subterrâneas oriunda de quatro poços de monitoramento em 1994 (poços PM01 a PM04). De 2003 a 2005 as avaliações foram feitas em sete poços que circundavam a área do depósito dos resíduos (poços PM05 a PM11) (Figura 47).

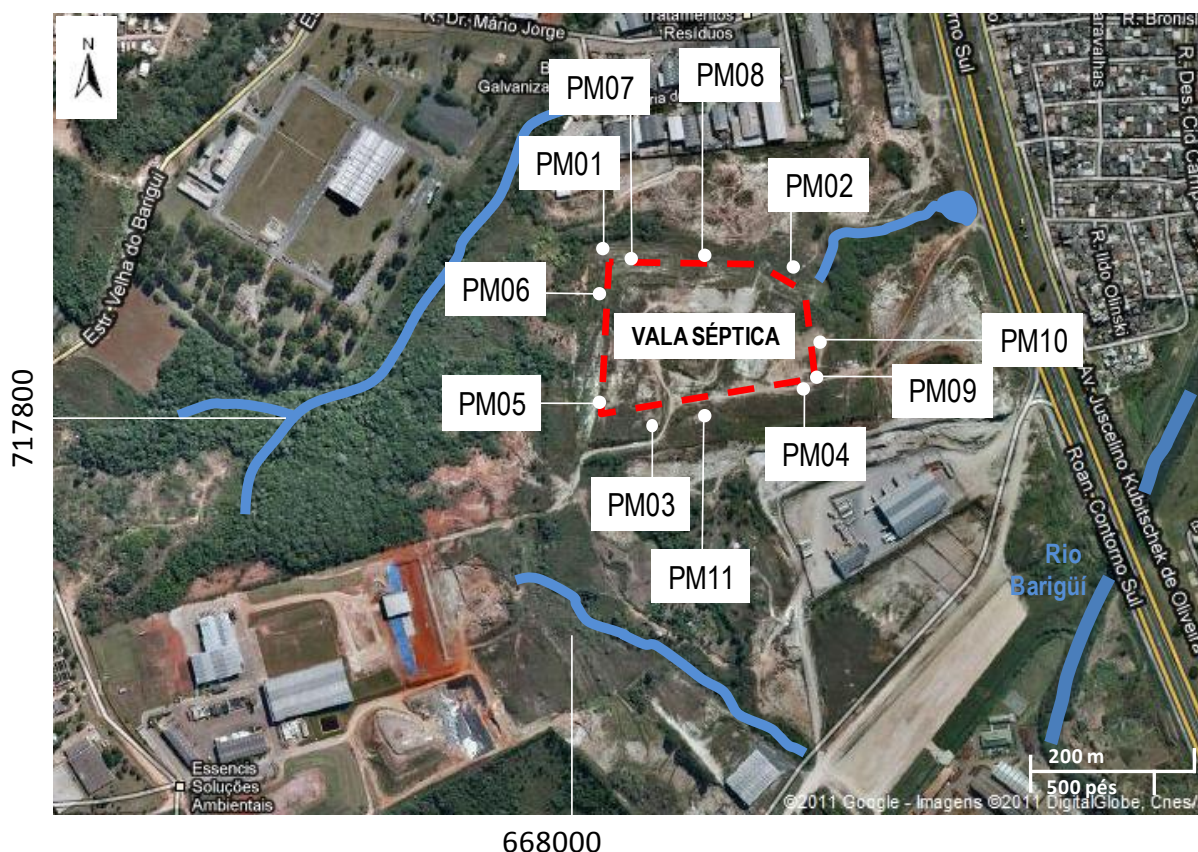


Figura 47: Indicação dos poços de monitoramento: 1994 – PM01 a PM04 e 2003 a 2005 – PM05 a PM11 (GOOGLE, 2011).

Os poços de monitoramento atingiram de 7 a 11m de profundidade. As características de construção, do solo e profundidade do nível freático dos poços de monitoramento estão apresentados no anexo 1.

1994

Em 1994 o monitoramento avaliou os parâmetros pH, Coliformes totais, Coliformes fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e Estreptococos. Os valores estão apresentados na figura 48.

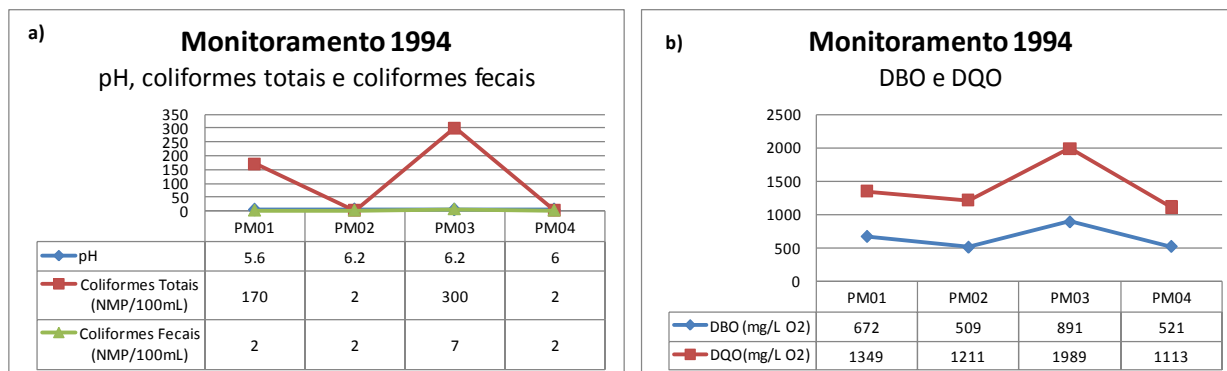


Figura 48: Monitoramento de 1994: pH, coliformes totais e coliformes fecais (a) e DBO e DQO (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

Após cinco anos de operação, as águas subterrâneas da vala séptica já apresentavam indícios de contaminação. No poço PM01 a acidez estava acima do considerado aceitável. A contaminação por Coliformes totais estava presente no poço PM03 e os resultados de DBO e DQO, controles fundamentais para determinar a poluição das águas, encontravam-se acima do limite estabelecido nos quatro poços monitorados. De acordo com o CONAMA (2005a), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, a DBO (5 dias a 20°C) máxima permitida para águas Classe 1, é de até 3mg/L O₂. Observa-se que DBO e DQO não possuem parâmetro estabelecido para água subterrânea, sendo avaliado nesta pesquisa como água de rio Classe 1 (CONAMA, 2005a). Padrão de coliformes no poço PM03 encontrava-se inadequado ao consumo humano. Foi verificada ainda a presença de estreptococos nos quatro poços monitorados.

2003 a 2005

A partir de março de 2003 até abril de 2005 os monitoramentos passaram a ser mensais. Foram avaliados em águas subterrâneas pH, coliformes totais, coliformes fecais, coliformes termotolerantes, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, zinco, chumbo, mercúrio e sólidos totais dissolvidos. O anexo 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas neste período.

A figura 49 apresenta os resultados do monitoramento efetuado em dezembro de 2003, dezembro de 2004 e abril de 2005 para os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais, coliformes fecais, coliformes termotolerantes, DBO e DQO.

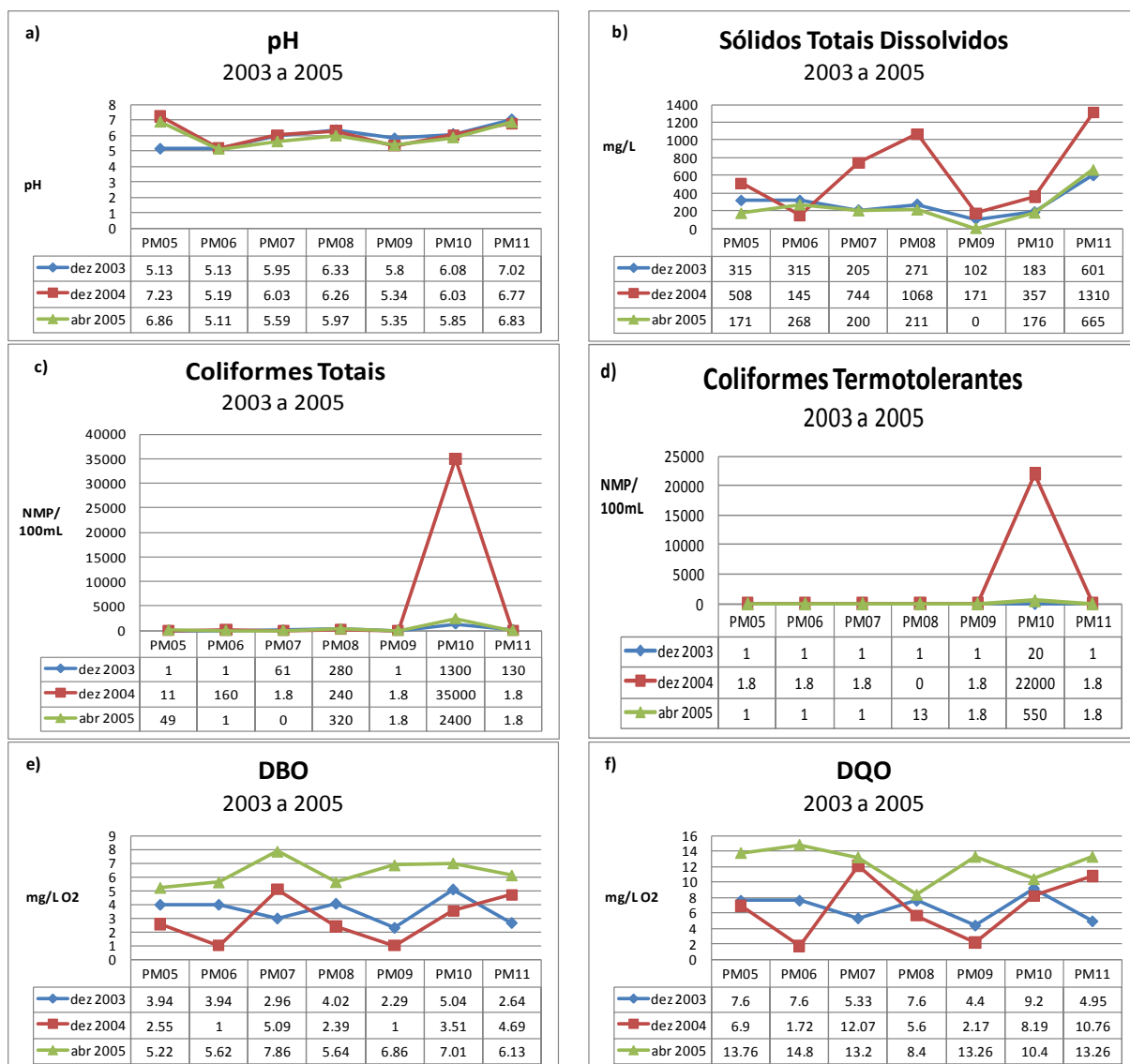


Figura 49: Monitoramento em águas subterrâneas de dezembro de 2003, dezembro de 2004 e abril de 2005 para pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), coliformes totais (c), coliformes termotolerantes (d), DBO (e) e DQO (f) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

O valor de pH somente não apresentou característica ácida em 2003, no poço PM11. As características de pH ácido se mantiveram em 2004 e 2005, mas não inferior ao pH 5,06. A quantidade máxima de sólidos totais dissolvidos em junho de 2003 foi de 770mg/L no poço PM08. Já em março 2005, foi constatada a quantidade de sólidos totais dissolvidos de 1.277mg/L no poço PM11. Em todos os meses monitorados no poço PM11, os valores para sólidos totais dissolvidos foram acima de 600mg/L. Valores altos também foram registrados, a partir de maio de 2005, nos poços PM05, PM06 e PM07.

A quantidade de coliformes variou de mês a mês em todos os poços analisados neste período. Foi registrado 5.100 NMP/100mL de coliformes totais em maio de 2003 no poço PM08. Nos meses subsequentes os valores atingiram 410, 360 e 280 NMP/100mL. Índices de 35.000 NMP/100mL foram registrados no poço PM10 em dezembro de 2004.

Em maio de 2003 a DBO atingiu 33,33mg/L O₂, no poço PM06. Em agosto de 2004 a DBO alcançou 144mg/L O₂ e DQO de 282mg/L O₂, no poço PM06. Já em fevereiro 2005 o poço

PM11 apresentou uma DBO de 9,51mg/L O₂ e DQO de 16,96mg/L O₂. Neste período a DBO e DQO encontravam-se constantemente acima de 3mg/L O₂ nos sete poços monitorados.

Em 2004 os limites (PMC, 2004) para nitrito, nitrato, zinco e chumbo não foram ultrapassados. Nos meses de fevereiro e março o nitrogênio amoniacal atingiu 4,02 e 3,88mg/L no poço PM07, sendo que o limite legislado é de 3,7mg/L para pH ≤ 7,5. Foi constatado 0,09mg/L de mercúrio no poço PM05 no mês de outubro de 2004. Em vários poços o limite estabelecido para mercúrio foi ultrapassado. Em fevereiro de 2005 ultrapassaram os limites de nitrogênio amoniacal os poços PM07 e PM10, que atingiram 4,02 mg/L e 22,02 mg/L respectivamente. No monitoramento de 2005 os limites estabelecidos para nitrito, nitrato, zinco, chumbo e mercúrio não foram ultrapassados.

A variação dos resultados apresentados sugere uma alta mobilidade das águas subterrâneas, associada à percolação do chorume oriundo do resíduo depositado.

Rio Barigüí

A figura 50 apresenta o monitoramento efetuado no rio Barigüí a montante e jusante da vala séptica, no período de junho a dezembro de 2003.

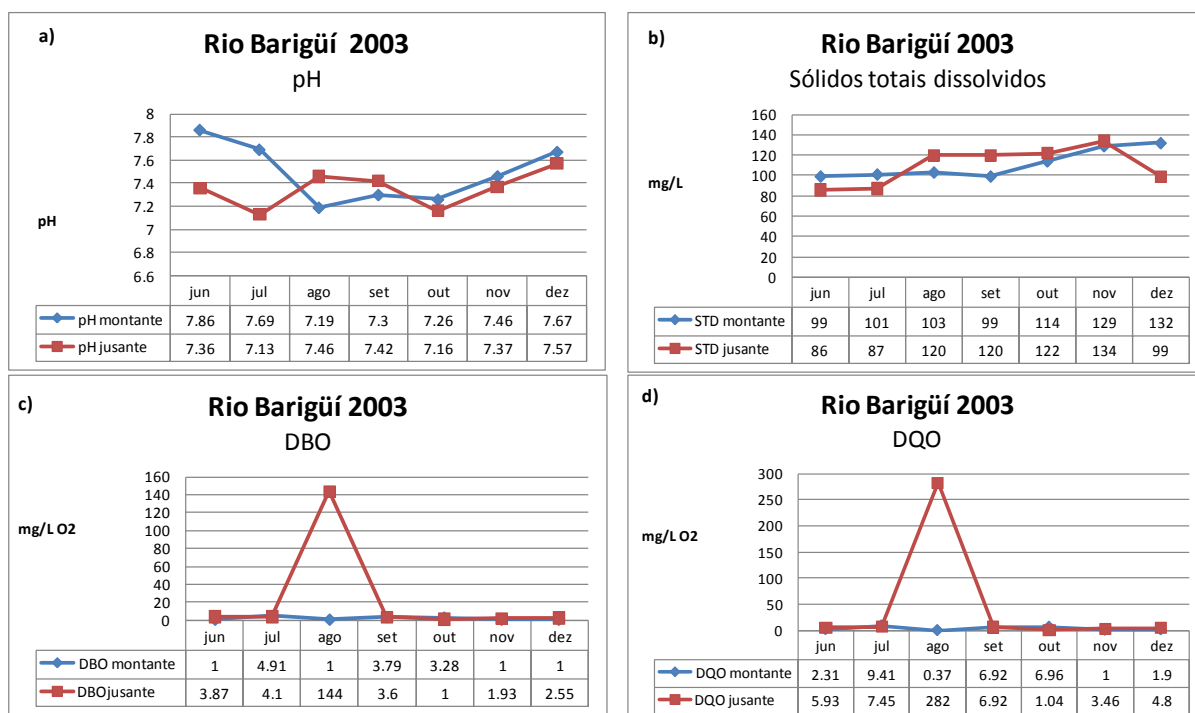


Figura 50: Monitoramento de 2003 no rio Barigüí a montante e jusante da vala séptica - pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

Observa-se neste período que uma possível contribuição de percolados oriundos do depósito dos resíduos de serviços de saúde para os parâmetros pesquisados, não foram significativos. Valores de pH se mantiveram entre 7,13 e 7,86. A legislação estabelece que para rios Classe 2 o valor de pH deve estar entre 6,0 e 9,0 (CONAMA, 2005a). Neste período os valores de sólidos totais dissolvidos nas águas do rio Barigüí a jusante da vala séptica não ultrapassaram a 132mg/L, atendendo o estabelecido pela CONAMA (2005a). Na avaliação de agosto de 2003, a DBO e a DQO do rio Barigüí, a jusante da vala séptica, foram 144mg/L O₂ e 282mg/L O₂, respectivamente. Valores de DBO encontravam-se acima do estabelecido pela

CONAMA (2005a), que é de 5mg/L O₂ para rio Classe2. Observa-se também uma regularização nos meses subsequentes.

O monitoramento efetuado no rio Barigüi a montante e jusante da vala séptica, no período de junho a dezembro de 2004, está apresentado na figura 51.

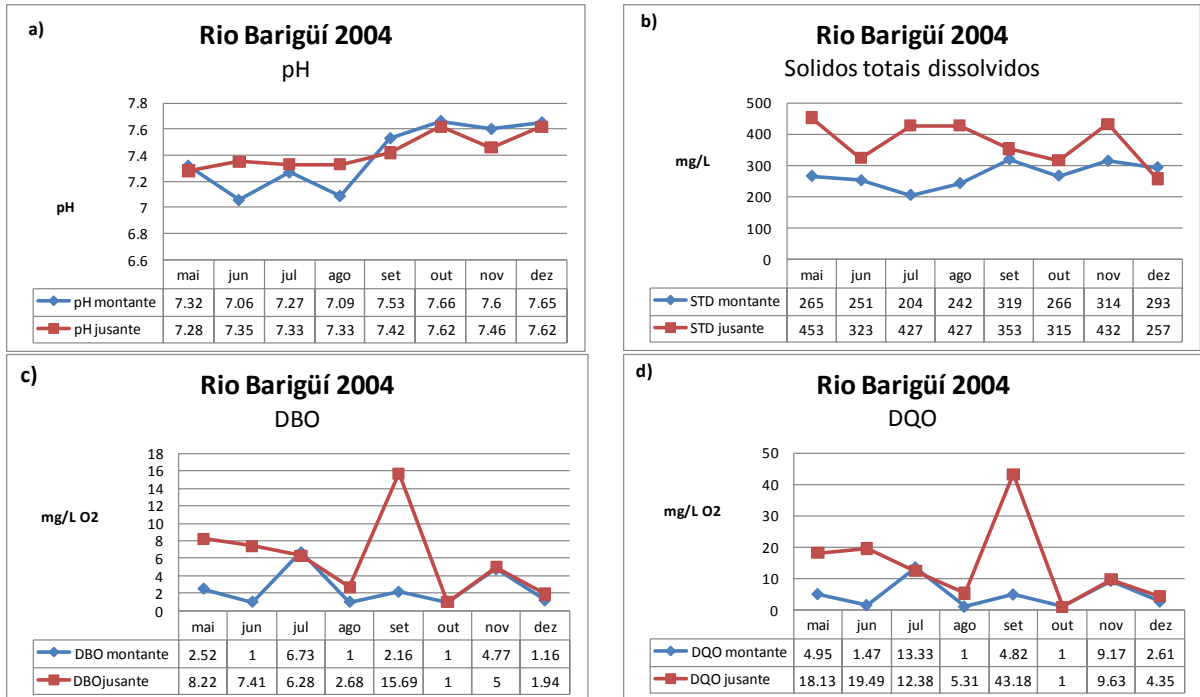


Figura 51: Monitoramento de 2004 no rio Barigüi a montante e jusante da vala séptica – pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

Em 2005 os monitoramentos ocorreram de janeiro a abril (Figura 52).

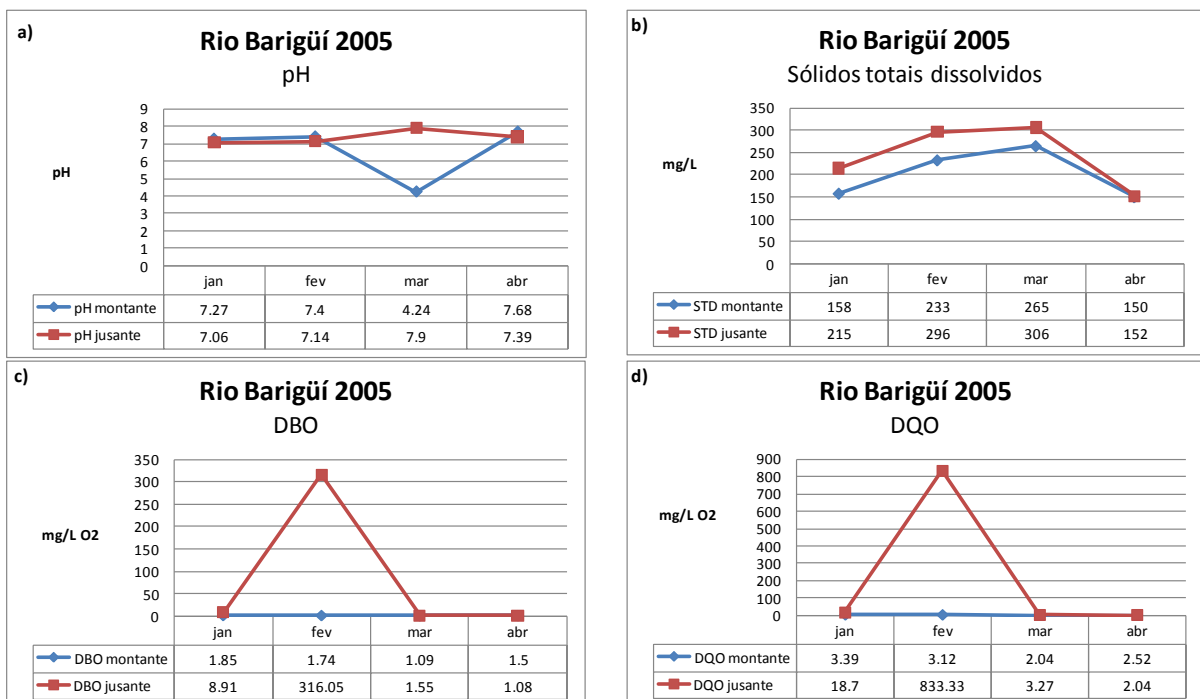


Figura 52: Monitoramento de 2005 no rio Barigüi a montante e jusante da vala séptica – pH (a), sólidos totais dissolvidos (b), DBO (c) e DQO (d) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006a).

O monitoramento efetuado no rio Barigüí a jusante da vala séptica para pH e sólidos totais dissolvidos registrou valores, no período amostrado, que se enquadram com o estabelecido pelo CONAMA (2005a). A DBO a jusante da vala apresentou resultados superiores a 5mg/L O₂ (CONAMA, 2005a) na maioria dos meses amostrados, sugerindo um possível impacto oriundo da vala séptica. Em fevereiro de 2005 a DBO foi 316mg/L O₂ e a DQO foi 833mg/L O₂. Valores elevados de DBO também foram registrados a jusante da vala séptica em agosto de 2003 (144mg/L O₂) e setembro de 2004 (15mg/L O₂).

Os monitoramentos realizados em 1994, 2003, 2004 e 2005 não abordaram a complexidade e diversidade dos resíduos que foram encaminhados à vala séptica, como os fármacos e patogênicos.

5.2 VALA SÉPTICA DE CURITIBA – 2006

Em 2006, mesmo a vala séptica não estando mais operando, a SMMA contratou a empresa Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. para uma avaliação da área. Através da ordem de serviço N°138-2005 SMMA foi executado o trabalho “Diagnóstico do Passivo Ambiental da Vala Séptica de Curitiba e definição de diretrizes para a elaboração do plano de recuperação e monitoramento ambiental” (BIOLÓGICA, 2006b).

Vários estudos foram realizados e auxiliaram no desenvolvimento da presente pesquisa. A seguir seguem dados referentes à caracterização potenciométrica, estimativa de parâmetros hidráulicos, direção do fluxo das águas subterrâneas e avaliação da qualidade das águas subterrâneas nos poços executados.

A figura 53 apresenta a localização dos poços implantados.



Figura 53: Localização dos poços de monitoramento – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

Através da execução de uma malha de sondagens e instalação de poços de monitoramento foi possível determinar o nível d'água estabilizado do freático e o gradiente potenciométrico de cada ponto (Tabela 10).

Tabela 10: Nivelamento topográfico dos poços de monitoramento – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

| POÇO | COTA DO POÇO | NÍVEL DA ÁGUA | COTA DO N.A. |
|------|--------------|---------------|--------------|
| PM01 | 920,928 | 1,790 | 919,138 |
| PM02 | 930,000 | 1,220 | 921,780 |
| PM03 | 928,371 | 3,060 | 925,311 |
| PM04 | 925,035 | 1,650 | 923,385 |
| PM05 | 914,009 | 5,210 | 908,799 |
| PM06 | 911,675 | 5,060 | 906,615 |
| PM07 | 919,055 | 2,800 | 916,266 |
| PM09 | 919,055 | 2,010 | 917,045 |
| PM10 | 924,974 | 1,910 | 923,064 |
| PM11 | 917,350 | 2,680 | 914,670 |
| PM12 | 906,731 | 4,310 | 902,421 |
| PM13 | 909,069 | 4,250 | 904,819 |
| PM14 | 923,598 | 6,200 | 917,398 |
| PM15 | 922,398 | 2,070 | 920,328 |
| PM16 | 919,164 | 1,790 | 917,374 |
| PM17 | 919,258 | 1,900 | 917,358 |
| PM18 | 917,872 | 2,300 | 915,572 |
| PM19 | 916,286 | 1,920 | 914,366 |

Para o cálculo da condutividade hidráulica do solo da área foi empregado o método Bower & Rice (1976). Através da análise de teste de *slug* (ensaio tipo caçamba) e aplicável em aquíferos rasos livres (BIOLÓGICA, 2006b).

A condutividade hidráulica foi determinada para os poços: PM11, PM15, PM19, PM20, PM23 e PM24 (Tabela 11).

Tabela 11: Condutividade hidráulica dos poços PM11, PM15, PM19, PM20, PM23 e PM24 (BIOLÓGICA, 2006b).

| POÇO | CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA | |
|------|--------------------------|-----------------------|
| | K (m/dia) | K (cm/s) |
| PM11 | 0,014241 | $1,65 \times 10^{-5}$ |
| PM15 | 0,037550 | $4,35 \times 10^{-5}$ |
| PM19 | 0,121109 | $1,4 \times 10^{-4}$ |
| PM20 | 0,002114 | $2,45 \times 10^{-5}$ |
| PM23 | 0,016387 | $1,9 \times 10^{-5}$ |
| PM24 | 0,005901 | $6,83 \times 10^{-5}$ |

Interpolando os dados pelo método de “krigagen” foram geradas as curvas equipotenciais, mapeamento da superfície potenciométrica e vetores direcionais do fluxo das águas subterrâneas (Figura 54). Estes dados foram obtidos em 2006 e variações podem ocorrer em função das condições climáticas.

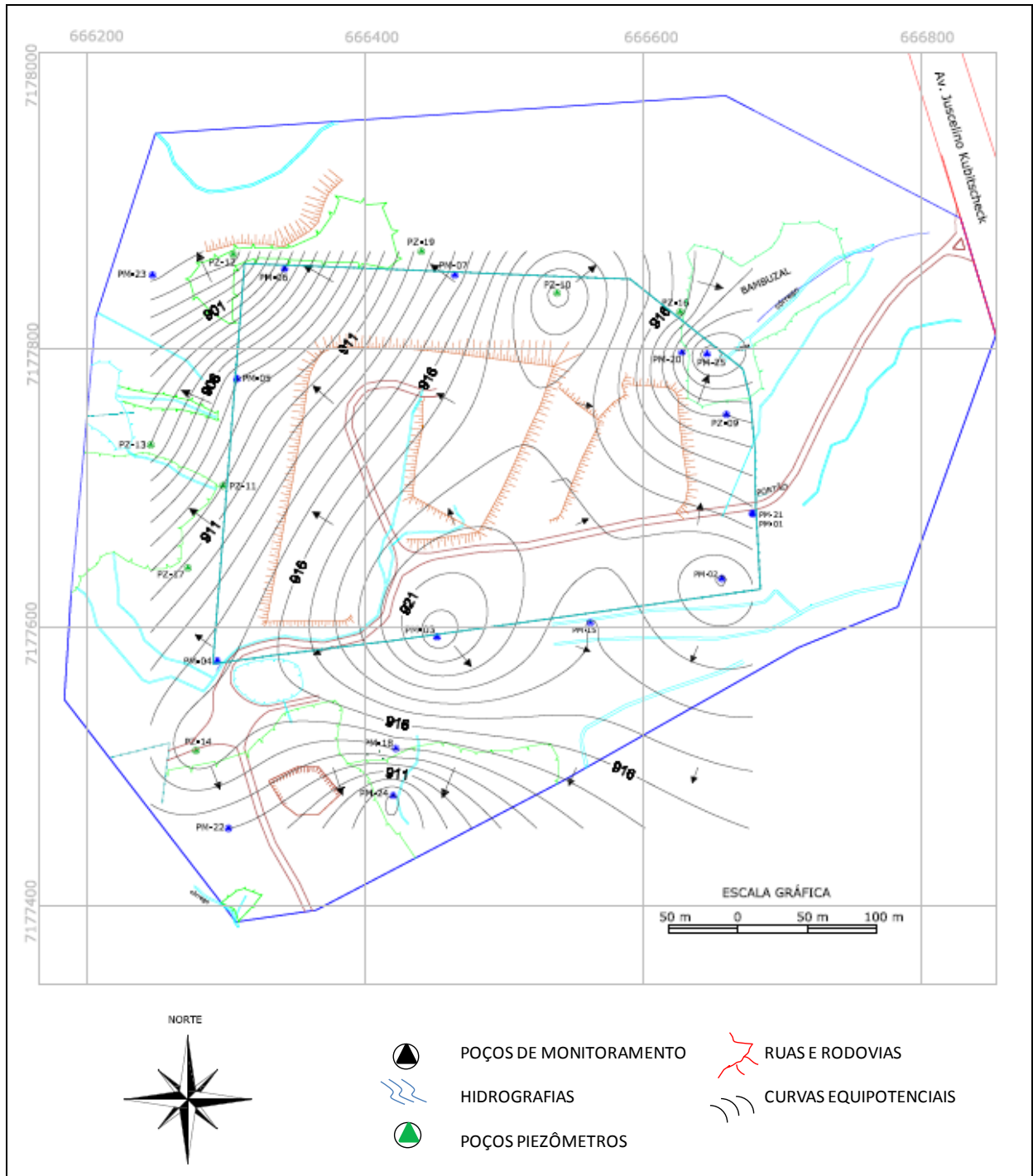


Figura 54: Mapa potenciométrico – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

Para o cálculo das velocidades de fluxo foi aplicada a Ley de Darcy. Foram consideradas as variações geológicas existentes na área da vala séptica, porosidade do solo e as diferentes direções do aquífero. A velocidade de fluxo apresentada na tabela 12 representa o ocorrido em 2006.

Tabela 12: Velocidade de fluxo – Vr (BIOLÓGICA, 2006b).

| POÇO MONTANTE | POÇO JUSANTE | K (m/dia) | Δh (m) | ΔL (m) | Vr |
|---------------|--------------|-----------|----------------|----------------|--------------------|
| PM03 | PM24 | 0,021728 | 15,0 | 118,0 | 36,9 m/ano |
| PM05 | PM23 | 0,016387 | 11,4 | 96,1 | 24,9 m/ano |
| PM10 | PM19 | 0,121109 | 8,7 | 102,0 | 132,7 m/ano |
| PM11 | PM13 | 0,014241 | 9,9 | 59,5 | 30,3 m/ano |
| PM15 | PM21 | 0,037550 | 0,7 | 140,6 | 2,5 m/ano |
| PM20 | PM25 | 0,002114 | 2,8 | 18,1 | 4,4 m/ano |

A tabela 13 apresenta o monitoramento realizado em maio de 2006 para os parâmetros temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido.

Tabela 13: Resultados de análises de campo em poços de monitoramento – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

| AMOSTRA | T (°C) | pH ⁽¹⁾ | CONDUTIVIDADE ⁽²⁾ (μS/cm) | OXIGÊNIO DISSOLVIDO ⁽³⁾ (mg/L O ₂) |
|---------|--------|-------------------|--------------------------------------|---|
| PM01 | SECO | SECO | SECO | SECO |
| PM02 | 18,6 | 6,62 | 215 | 3,9 |
| PM03 | 19,1 | 6,85 | 1042 | 6,8 |
| PM04 | 19,6 | 7,31 | 385 | 5,5 |
| PM05 | 19,1 | 5,28 | 399 | 3,5 |
| PM06 | 19,5 | 5,55 | 250 | 4,3 |
| PM07 | 19,9 | 6,08 | 560 | 3,6 |
| PM09 | 18,8 | 6,61 | 1235 | 5,3 |
| PM10 | 20,6 | 7,24 | 435 | 3,8 |
| PM11 | SECO | SECO | SECO | SECO |
| PM12 | 18,9 | 5,77 | 103 | 6,3 |
| PM13 | 19,1 | 5,55 | 129 | 3,0 |
| PM14 | 18,8 | 6,95 | 572 | 2,1 |
| PM15 | 18,3 | 7,21 | 894 | 3,1 |
| PM16 | 19,4 | 5,24 | 41 | 2,4 |
| PM17 | SECO | SECO | SECO | SECO |
| PM18 | 19,9 | 7,17 | 538 | 7,0 |
| PM19 | 19,5 | 5,94 | 550 | 2,0 |
| PM20 | 19,0 | 5,95 | 502 | 4,2 |
| PM21 | 19,6 | 5,22 | 76 | 1,9 |
| PM22 | 18,2 | 5,93 | 32 | 6,3 |
| PM23 | 17,2 | 6,47 | 41 | 5,8 |
| PM24 | 17,1 | 6,03 | 562 | 2,5 |
| PM25 | 17,0 | 6,11 | 19 | 4,7 |

(1) 6 a 9,5 é o limite estabelecido pelo DECRETO N°1.190/04 Curitiba para água subterrânea industrial (PMC, 2004).

(2) De acordo com Fenzl (1988), um equipamento sensível pode detectar uma ligeira condutividade elétrica de $4,2 \cdot 10^2 \mu\text{S/cm}$ a 25 °C em água pura.

(3) Não inferior a 5mg/L O₂ para rio Classe 2 e não inferior a 6mg/L O₂ para rio Classe 1 (CONAMA, 2005a).

Os dados da velocidade de fluxo e das análises de campo possibilitaram sugerir a movimentação dos contaminantes pela variação da condutividade elétrica (μS/cm) nos pontos amostrados (Figura 55).



Figura 55: Velocidade de fluxo das águas subterrâneas e indicação da condutividade elétrica nos poços de monitoramento – 2006 (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b) (GOOGLE, 2011).

Observa-se que o sentido preferencial do fluxo das águas subterrâneas são para o quadrante NW (Noroeste), NE (Nordeste) e Sul. A maior velocidade de fluxo subterrâneo são para NE e NW (Noroeste).

É possível observar a movimentação da pluma de contaminação pelo valor decrescente da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), nos diferentes sentidos:

| | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|---|--|
| Da vala em sentido ao Sul: | 1.042 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 583 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Da vala em sentido ao Sul: | 385 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 172 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Da vala em sentido ao Oeste: | 399 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | |
| Da vala em sentido ao Oeste: | 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Da vala em sentido ao Leste: | 1.235 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 562 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | |
| Da vala em sentido ao Leste: | 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | → | 76 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | |

5.2.1 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas em águas subterrâneas – 2006

Apesar de terem sido perfurados 24 poços, somente em nove as águas subterrâneas foram avaliadas quanto às características físico-químicas e bacteriológicas em 2006 (Anexo 03). A figura 56 apresenta os resultados encontrados para os parâmetros pH, condutividade, cor e turbidez.

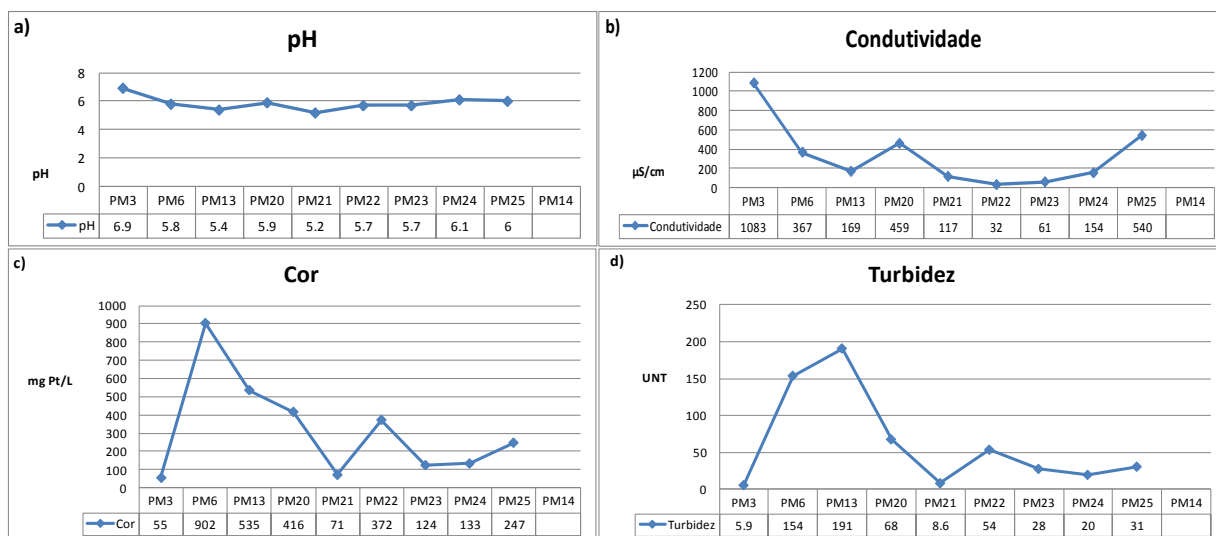


Figura 56: Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: pH (a), condutividade (b), cor (c) e turbidez (d) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

Características de pH ácido se mantiveram nas amostras analisadas. Confirmando os registros efetuados nas análises de campo, a movimentação da pluma de contaminação foi evidenciada através dos resultados obtidos pelo ensaio da condutividade elétrica. O poço PM03, situado ao Sul do depósito de resíduos, registrou $1.083\mu\text{S}/\text{cm}$. Os poços PM20 e PM25, situados ao Leste, registraram respectivamente $459\mu\text{S}/\text{cm}$ e $540\mu\text{S}/\text{cm}$. O Poço PM06, a Noroeste, registrou $367\mu\text{S}/\text{cm}$. O valor da condutividade elétrica registrado na análise de campo no poço PM19 foi de $19\mu\text{S}/\text{cm}$. Sugere-se que $19\mu\text{S}/\text{cm}$ seja o valor padrão para as águas subterrâneas da região. Parâmetros de cor e turbidez ultrapassaram em todas as amostras avaliadas o limite estabelecido pela Portaria N°518/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) que trata dos procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O valor limite para cor é de $15\text{mgPt}/\text{L}$ e o limite para turbidez é de 5UNT.

A figura 57 apresenta os valores obtidos para DBO, DQO, alumínio e níquel nos poços amostrados.

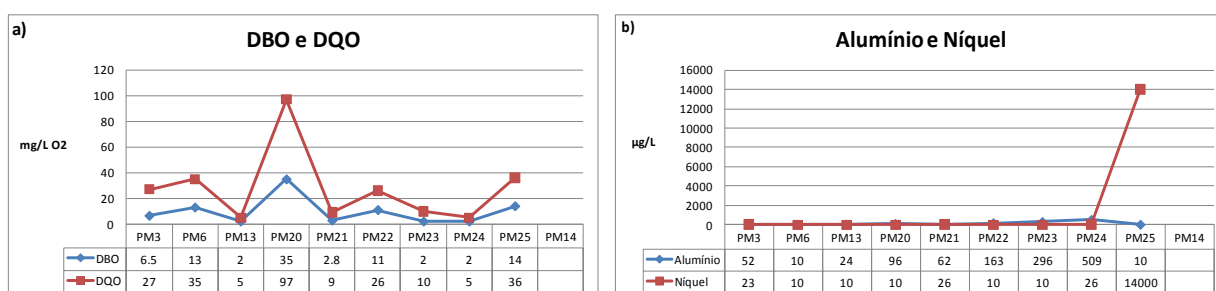


Figura 57: Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: DBO e DQO (a), alumínio e níquel (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

A resolução CONAMA que trata do enquadramento das águas subterrâneas (CONAMA, 2008) não estabelece limites para DBO. O CONAMA (2005a) que determina padrões de enquadramento para rios Classe 1 estabelece o limite de $5\text{mg}/\text{L O}_2$ para DBO. Os poços PM3, PM6, PM20, PM22 e PM25 ultrapassaram $5\text{mg}/\text{L O}_2$, atingindo neste monitoramento $35\text{mg}/\text{L O}_2$ no PM20. Neste mesmo poço a DQO atingiu $97\text{mg}/\text{L O}_2$. Os limites estabelecidos (PMC,

2004) para alumínio e níquel são respectivamente 200µg/L e 75µg/L. A ocorrência de 14.000µg/L de níquel no poço PM25 e valores inferiores a 26µg/L nos demais poços monitorados evidencia as características distintas dos resíduos dos serviços de saúde depositados na vala séptica de Curitiba.

A figura 58 apresenta os resultados do monitoramento efetuado em 2006 para coliformes totais, *Escherichia coli*, Enterococos, clostrídios sulfito redutores e bactérias heterotróficas.

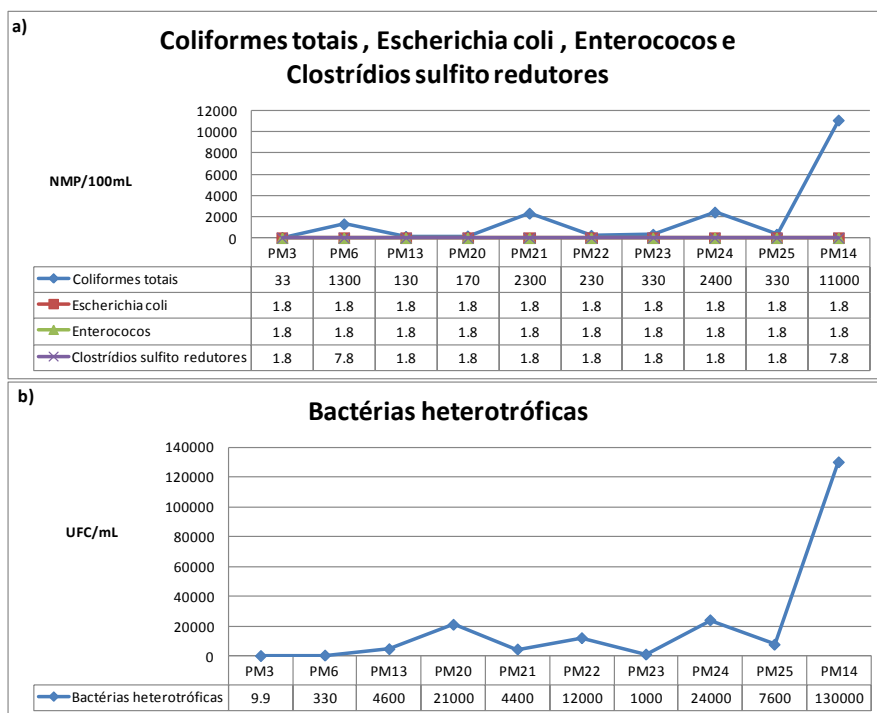


Figura 58: Monitoramento de águas subterrâneas em 2006: coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores (a) e bactérias heterotróficas (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

Os limites estabelecidos pelo CONAMA (2008) para coliformes termotolerantes é de ausentes em 100mL para o consumo humano, 200NMP/100mL para a dessedentação de animais e 1000NMP/100mL para a recreação. Resultados superiores a 1000NMP/100mL encontrados nos poços PM6, PM21, PM24 e PM14, confirmam a mobilidade da pluma de contaminação.

Devido ao vandalismo ocorrido na área, somente os poços PM12 e PM14 continuavam em condições para a realização de coleta de amostras em 2009.

5.2.2 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas em águas superficiais - 2006

As amostras de águas superficiais foram coletadas em três pontos, escolhidos em função da possível influência sobre a região de incidência de precipitação pluvial sobre a vala séptica (Figura 59).



Figura 59: Localização dos pontos de amostragem das águas superficiais – 2006 (GOOGLE, 2011).

As figuras 60 e 61 apresentam os resultados das análises bacteriológicas e físico-químicas para estas águas superficiais, coletadas e analisadas em maio de 2006.

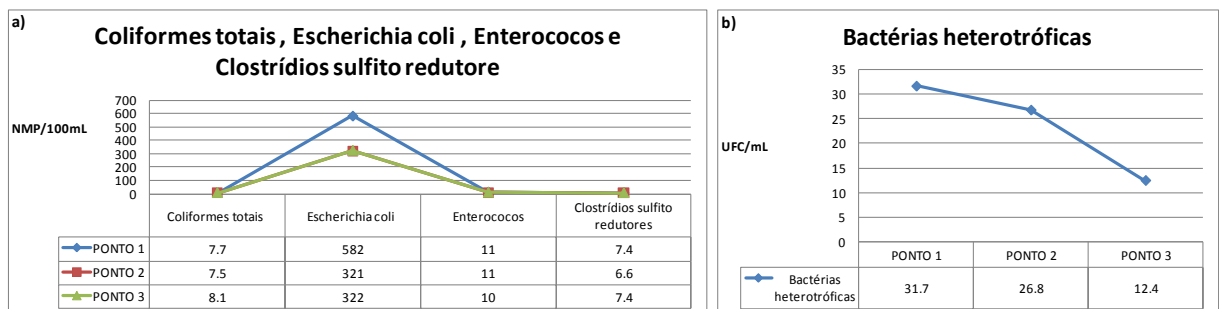


Figura 60: Monitoramento de águas superficiais em 2006: coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores (a) e bactérias heterotróficas (b) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

Os resultados bacteriológicos encontrados evidenciam a influência dos resíduos dos serviços de saúde nos três pontos de águas superficiais analisados. *Escherichia coli* é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos (CONAMA, 2005a), sendo considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

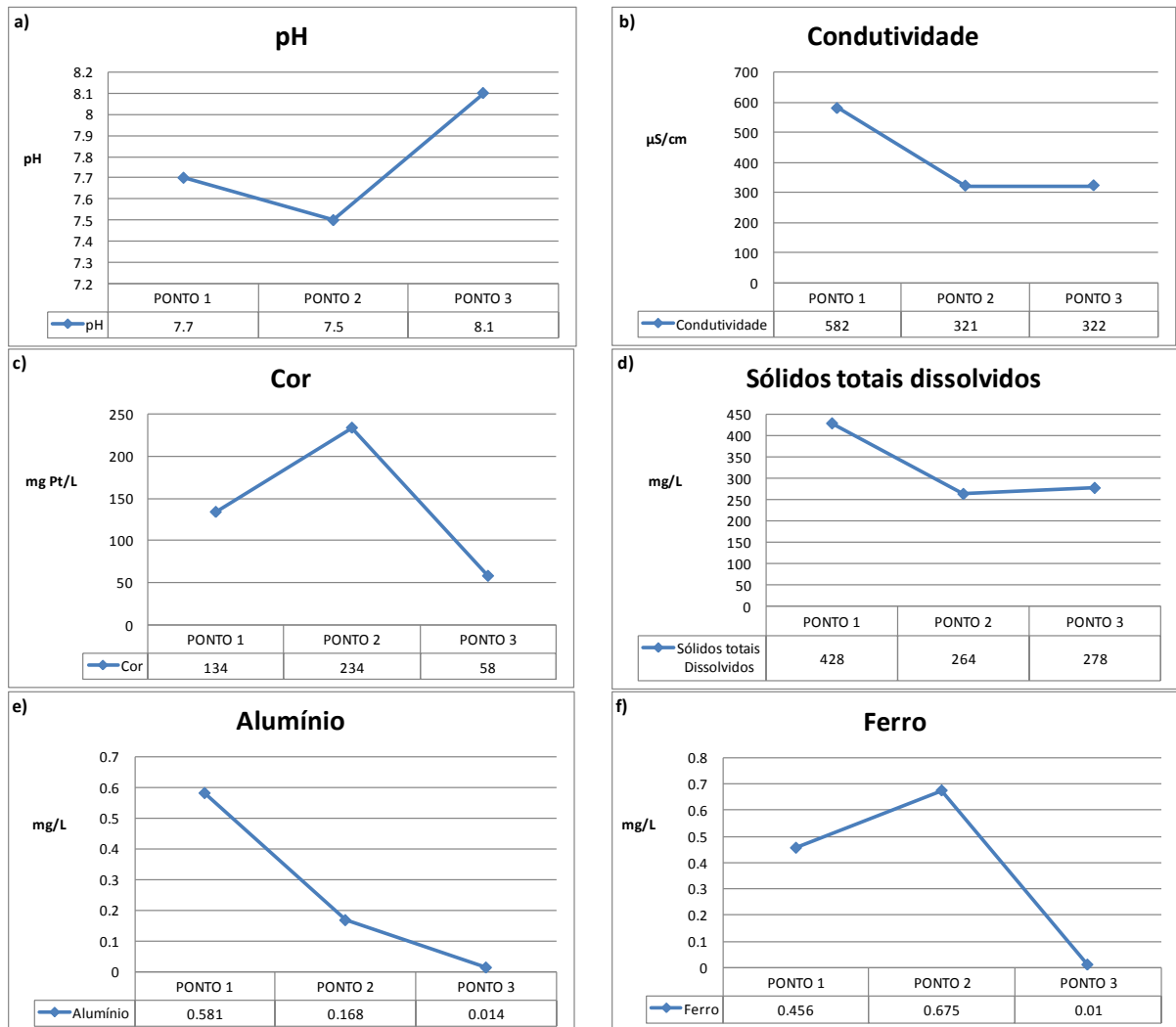


Figura 61: Monitoramento de águas superficiais em 2006: pH (a), condutividade (b), cor (c), sólidos totais dissolvidos (d), alumínio (e) e ferro (f) (adaptado de BIOLÓGICA, 2006b).

Condutividade elétrica acima de $300\mu\text{S}/\text{cm}$, alteração na cor (superior a $75\text{mgPt}/\text{L}$) e a presença de material dissolvido nas amostras, caracterizam a presença de material lixiviado. O CONAMA (2005a) determina a quantidade máxima admissível de $0,1\text{mg}/\text{L}$ de alumínio e de $0,3\text{mg}/\text{L}$ de ferro em rios Classe 2. Estes limites foram ultrapassados nos pontos 1 e 2 analisados, evidenciando em 2006, o impacto negativo nas águas superficiais no lado Leste e Noroeste da vala séptica.

5.3 PERSISTÊNCIA DE FÁRMACOS NAS ÁGUAS DE BERLIM/ALEMANHA

Quando o medicamento é ingerido, a maior parte do composto ativo é excretada pela urina e fezes e, na seqüência seguem às Estações de Tratamento de Efluentes (ETE). As tecnologias atualmente utilizadas para o tratamento de águas residuais não são suficientes para eliminar os resíduos de medicamento na sua totalidade, o qual acaba seguindo para rios, lagos, oceanos, aquíferos e, mesmo em pequenas quantidades, nas nossas torneiras. Deve ser observado o efeito cumulativo dos componentes ativos e metabólitos de Medicamentos e Produtos de Higiene Pessoal (MPHPs) sobre o ecossistema. Uma constante exposição dos microrganismos a estes medicamentos disponíveis no ecossistema pode levar a organismos resistentes, colocando em risco o tratamento de infecções futuras (CÓRDOBA & RODRIGUEZ, 2004).

A pesquisa realizada na Universidade Técnica de Berlim (TU Berlim) (MÜLLER, 2010) verificou a biodegradabilidade em águas residuais dos fármacos Caramazepina, Primidona e o metabólito biologicamente ativo do clofibrato, o ácido Clofibrico (Quadro 04).

Quadro 04 Relação de ácido Clofibrico, Carbamazepina e Primidona com doenças comumente tratadas.

| MEDICAMENTO | DOENÇAS RELACIONADAS PARA TRATAMENTO |
|------------------|--------------------------------------|
| ÁCIDO CLOFÍBRICO | Regulador de lipídio no sangue. |
| CARMAZEPINA | Epilepsia. |
| PRIMIDONA | Epilepsia. |

Ácido Clofibrico

O ácido Clofibrico é um regulador de lipídios no sangue e é o metabólito ativo de três medicamentos: Clofibratethyl, Etofibrate e Etofyllinclofibrat (Mersmann, 2003). É comercializado com os nomes: Cedur ©, Regelan ©, Lipanthyl © e Gevilon © (KAROW & LANG, 1997). Suas características de uso estão apresentadas no quadro 05.

Quadro 05: Indicação e efeitos do ácido Clofibrico (adaptado de KAROW & LANG, 1997).

| | |
|----------------------------|--|
| INDICAÇÃO | Hiperlipidemia: hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia. |
| EFEITOS | Aumento da atividade da lipoproteína lípase. |
| | Redução da síntese de VLDL. |
| EFEITOS COLATERIAIS | Perturbações gastrointestinais. |
| | Mialgia e miosite. |
| | Tendência a formação de cálculos biliares, como o aumento da concentração de colesterol na bile. |
| CONTRA INDICAÇÃO | Insuficiência renal grave ou hepática. |
| | Doenças da vesícula biliar. |
| | Gestação e lactação. |

Este metabólito ativo tem sido detectado em águas subterrâneas e água potável nas concentrações de até 7300 ng/L. A pesquisa conduzida na América do Norte em 1977 por Hignite & Azaznof e em 1985 por Richardson & Brown para verificar a persistência do ácido Clofibrico no meio aquático, concluiu que não houve degradação, denominando-o de bioquimicamente persistente. Fell em 1997 realizou um experimento na Universidade Técnica de Berlim, com a concentração de 7 µg/L de ácido Clofibrico a uma temperatura de 22°C, sob exposição à luz e verificou que existe a possibilidade de degradação. Em 2002, Heberer observou a persistência deste medicamento em amostras de águas superficiais, subterrâneas e água potável, e constatou uma alta mobilidade, sugerindo a dificuldade de biodegradação. De acordo com Kalbfus & Kopf (1997), a concentração de ácido Clofibrico no meio aquático que possa ocasionar um impacto ambiental - *Predicted Environmental Concentration* (PEC) é de

1mg/L. Tendo em conta um fator de segurança e para que não ocorra nenhum efeito ou impacto ambiental negativo, a tolerância sugerida é de 0,2µg/L.

A tese de doutoramento de Jürgen Detjens (1998) intitulada "*Degradation Clofibric acid behavior in aquatic systems*" correlacionou os gradientes de concentração de oxigênio e do gradiente de potencial redox com a concentração de ácido Clofíbrico. Sugeriu ainda um *link* entre o teor de oxigênio, a concentração de ácido Clofíbrico e das bactérias que fazem a degradação destes materiais. A pesquisa realizada por Scheytt *et al.* (2.000) aponta para a alta mobilidade deste medicamento e constata que esta mobilidade não está relacionada aos parâmetros físicos e químicos (pH, teor de oxigênio e os componentes das águas subterrâneas) ou com o material sedimentar e constatou uma possível dependência do potencial redox para a degradação do ácido Clofíbrico.

Carbamazepina

A Carbamazepina foi descoberta pelo químico Walter Schndlern na Suíça, em 1953. A sua utilização para o tratamento anti-epiléptico foi indicada a partir de 1972. Também é indicada como neuroprotetor em diferentes transtornos psiquiátricos, como: mudanças repentinas de humor, automutilação, tratamento de transtorno de personalidade (*borderline*) e para o tratamento da neuralgia do trigêmeo. Produtos disponíveis são comercializados sob vários nomes genéricos: Sirtalis, Tegretal, Timonil ou Neurotop, Carbatrol®, Epitol®, Equetro®, Tegretol® e Tegretol-XR® (MERCK - Lexi-COMP, 2009). O quadro 06 apresenta as principais características de aplicação e efeitos do uso da Carbamazepina.

Quadro 06: Características de aplicação e os efeitos do uso da Carbamazepina (adaptado de KAROW & LANG, 1997).

| | |
|---------------------------------|---|
| APLICAÇÃO | Convulsões cerebrais |
| | Neuralgia do trigêmeo |
| | Transtorno de personalidade <i>borderline</i> (efeito bipolar) |
| CARACTERÍSTICAS | Aplicação por via oral |
| COMPLEXO FARMACOCINÉTICO | Apenas lento e altamente variável de absorção oral após a tarefa |
| | Alta enzima indução no fígado: auto degradação do fígado, degradação de anticoagulantes, contraceptivos |
| | Combinado com fenitoína: o metabolismo da Carbamazepina é acelerado |
| METABOLITO ATIVO | |
| EFEITOS | Aguda: alérgicas na pele - e alterações no sangue (leucopenia (frequentes), agranulocitose, anemia aplástica) |
| | CRÔNICA: ataxia, fadiga, diplopia |

Durante um período de três meses em 2003, Tixier *et al.* determinou a concentração de Carbamazepina em águas superficiais de rios e do lago *Greifensee*, na Suíça, que recebem os resíduos de efluentes de tratamento de águas residuais. A concentração encontrada chegava a 13g/dia. Este estudo alerta que, dependendo do mês, do fluxo da água e do número de habitantes da região, pode haver uma grande variação nas concentrações detectadas. Estudos realizados em plantas de tratamento de efluentes mostraram que a Carbamazepina e outros resíduos da indústria farmacêutica, também estão presentes nas lamas de depuração das ETE (BRUNNHUBER *et al.*, 2005).

Primidona

A eficácia da Primidona foi demonstrada por Yule Bogue à *Imperial Chemical Industries Laboratories*, em 1949. A sua aplicação foi introduzida a partir de 1953 (WILLIAMS, 1956). Até hoje a Primidona é utilizada isoladamente ou com outros anticonvulsivantes e é indicada

no controle das crises psicomotoras e focais: anticonvulsivos e sedativos. Após a sua absorção pelo organismo é metabolizada rapidamente a Fenobarbital e *Phenylethylmalonamid*.

Como outros anticonvulsivantes que entraram no mercado antes de 1989, a Primidona tem sido associada à hiperhomocisteinemia, deficiência de folato e os seus vários sintomas (defeitos de nascença, depressão e anemia megaloblástica), redução da absorção de cálcio e doenças ósseas diversas. Ela também compartilha com a maioria dos outros anticonvulsivos a tendência de provocar sedação. É comercializada com várias marcas diferentes, incluindo: Mysoline, Prysoline, Apo-primidona, Liskantin, Resimatil e Mylepsinum Sertan. A Primidona está disponível nos Estados Unidos na forma genérica denominada Lannett desde 1978. (SCHWABE & PAFFRATH, 2008) (DRUGS@FDA, 2010). Também tem uso veterinário, incluindo a prevenção do comportamento agressivo e canibalismo em suínos dourado (THE PIG SITE, 2010). O quadro 07 apresenta as principais características de aplicação e efeitos do uso da Primidona.

Quadro 07: Características de aplicação e os efeitos do uso da Primidona (adaptado de KAROW & LANG, 1997).

| | |
|---------------------------|---|
| APLICAÇÃO | controle das crises psicomotoras e focais - anticonvulsivo e sedativo |
| METABOLITOS ATIVOS | Fenobarbital (indução enzimática) |
| | PEMA - Phenylethylmalonamid |
| EFEITOS | Fadiga, tontura, ataxia |
| | Anemia melagoblasta devido à deficiência de folato |
| | Coagulação em recém-nascidos, devido à deficiência de vitamina K |
| | Osteophathie, alterações sangüíneas alérgica da pele |

Foi verificado que em Berlim a utilização destes medicamentos vem decaindo (Figura 62).

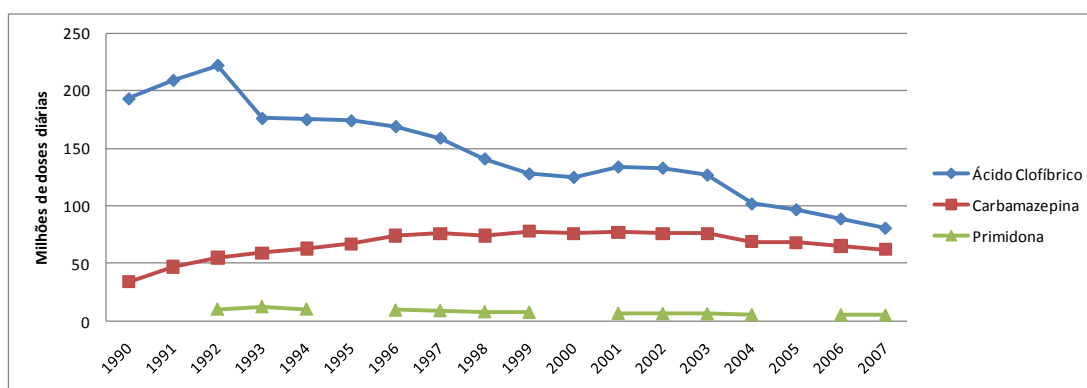


Figura 62: Consumo de ácido Clofíbrico, Primidona e Carbamazepina de 1990 a 2007 em Berlim/Alemanha (SCHWABE & PAFFRATH, 2008).

O consumo médio de ácido Clofíbrico e Carbamazepina foi, respectivamente, de 146,3 e 66,4Mio.DDD entre 1990 e 2007. Neste mesmo período, o consumo médio de Primidona foi de 7,9Mio.DDD, aparentemente não significativo. Quando medido em doses diárias, observa-se que o consumo de Primidona decaiu 60% (SCHWABE & PAFFRATH, 2008).

ETE Wassmannsdorf

As águas residuais provenientes de Berlim, de 1894 até 1994, eram eliminadas nas fazendas de esgoto - *Großbeeren*, *Sputendorf* e *Schenkenhorst*. As águas, sem receber tratamento prévio eram dispostas ao solo, que servia como filtro para a recarga das águas subterrâneas.

Em 1992 entrou em funcionamento a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) *Wassmannsdorf* que atualmente trata as águas residuais provenientes de três milhões de habitantes de Berlim e descarrega a água tratada no rio *Nuthegraben*. A ETE *Wassmannsdorf* está próxima às fazendas de esgoto, que foram desativadas somente em 1994.

5.3.1 Localização dos pontos de amostragem

A pesquisa realizada na TU Berlim analisou quatro amostras de águas superficiais ao longo do rio *Nuthegraben* e 28 amostras de águas subterrâneas em 14 locais diferentes (Figura 63).

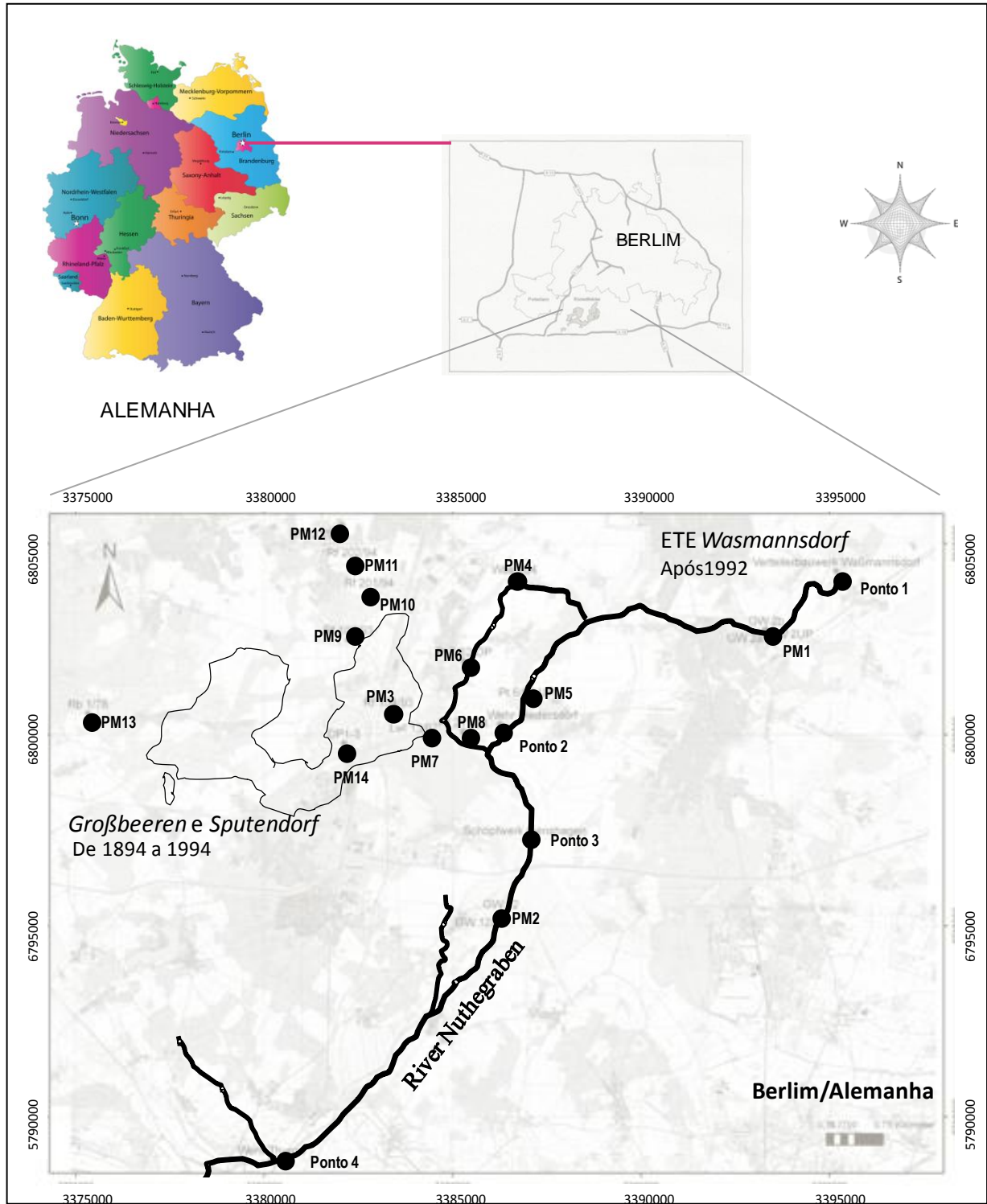


Figura 63: Localização das fazendas de esgoto *Grossbeeren* e *Sputendorf*, da ETE *Wasmannsdorf* e dos pontos de amostragem – Berlim/Alemanha (adaptado de SHEYTT *et al.*, 2000 e MÜLLER, 2010).

As amostras de água superficial foram coletadas em quatro pontos ao longo do rio Nuthegraben: (Ponto 1) próximo à ETE *Wassmannsdorf* ; (Ponto 2) após 10km, em *Wehr Diedersdorf* ; (Ponto 3) distante 2km do ponto 2, em *Schöpfwerk Gerehagen*; (Ponto 4) após 11km do ponto 3, em *Wehr Thyrow*.

5.3.2 Resultado do monitoramento

O resultado do monitoramento efetuado em 2009 para verificar a biodegradabilidade dos MPHPs na região de Berlim está apresentado no anexo 4. Estes resultados foram confrontados com os limites estabelecidos pela legislação alemã, os quais sinalizam a necessidade de uma interferência quando ultrapassados.

Ácido Clofibríco

Dados registrados desde o inverno de 1992 apontam para uma degradação natural do ácido Clofibríco em águas subterrâneas, observando o ocorrido no Ponto 13 (*Mehrfachmessstelle Rb1/78*) (Figura 64).

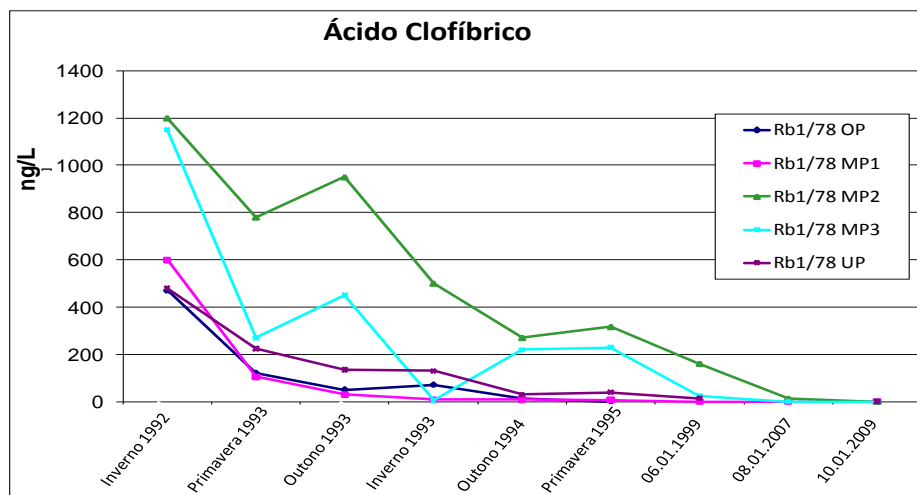


Figura 64: Monitoramento de águas subterrâneas de Berlim de 1992 a 2009: ácido Clofibríco (MÜLLER, 2010).

Analisando cinco níveis de profundidade neste ponto, a TU Berlim tem constatado uma contínua redução das concentrações. Salienta-se que as amostras obtidas em 2007 e 2009 foram coletadas 13 e 15 anos após as áreas das fazendas de esgoto não estarem mais sendo utilizadas. Apurou-se que as concentrações atuais de ácido Clofibríco estão abaixo do limite de detecção.

Foi em 1993 a primeira vez que o ácido Clofibríco foi detectado em água da torneira (água para o consumo humano). Nesta data, todas as amostras de água da torneira na área de Berlim continham ácido Clofibríco em diferentes concentrações, chegando a até 165ng/L (HEBERER, 2002).

Carbamazepina

Como o ácido Clofíbrico, a Carbamazepina foi avaliada em diferentes profundidades das águas subterrâneas. Em 2009 apurou-se que as concentrações de Carbamazepina estavam abaixo do limite de detecção no PM13 (*Mehrfachmessstelle* Rb1/78). Em outras regiões, observava-se a persistência de Carbamazepina em dois pontos: no PM3 (Rf 104/93) foi constatado a presença de 173ng/L e 28ng/L em níveis distintos; no PM11 (Rf 202/94) foi constatado a presença de 87ng/L.

Em 2010 foi pesquisada a persistência de Carbamazepina e Primidona em águas superficiais na região de Berlim (Figura 65).

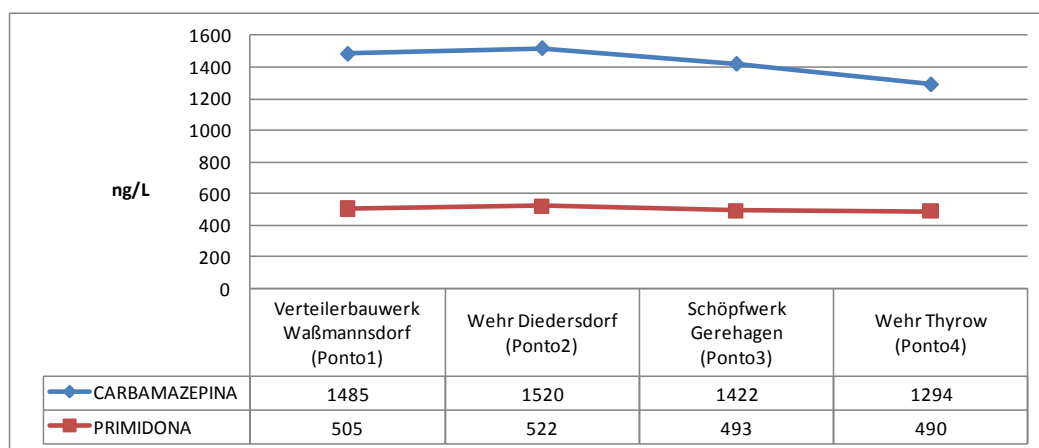


Figura 65: Monitoramento de águas superficiais de Berlim em 2010: Carbamazepina e Primidona (MÜLLER, 2010).

Foi constatado que não ocorre a remoção destes MPPs na ETE *Wassmannsdorf*, permanecendo praticamente constante a quantidade destas substâncias nas águas superficiais em *Wehr Diedersdorf*, *Schöpfwerk Gerehagen* e *Wehr Thyrow*, distante 23 km do local de lançamento.

Primidona

Em 1999, 2007 e 2009 a biodegradabilidade da Primidona foi avaliada no PM13 (*Mehrfachmessstelle* Rb1/78). Como na pesquisa realizada com o ácido Clofíbrico e Carbamazepina, houve também uma diminuição nos valores para Primidona. Mas, ao contrário do ácido Clofíbrico e Carbamazepina, ao longo dos últimos dois anos a Primidona se manteve constante em 400 e 600ng/L em diferentes profundidades. Constata-se com este resultado que a Primidona, mesmo tendo a sua dosagem significativamente menor que a ministrada para ácido Clofíbrico e Carbamazepina, está presente em concentrações mais elevadas nas águas subterrâneas, evidenciando a sua persistência no meio ambiente. A figura 66 ilustra os resultados obtidos durante as campanhas realizadas.

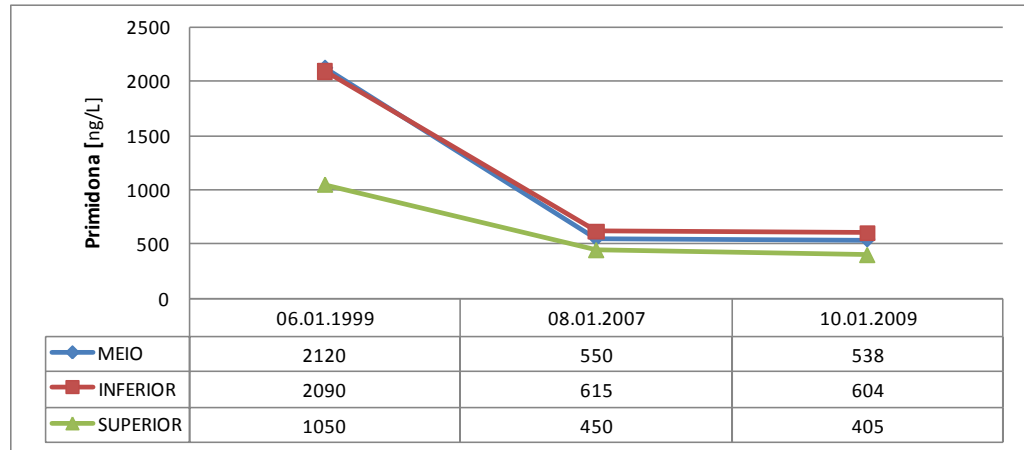


Figura 66: Monitoramento do poço PM13 (*Mehrfachmessstelle Rb1/78*) de Berlim em 1999, 2007 e 2009: Primidona (MÜLLER, 2010).

A figura 67 apresenta os resultados do monitoramento para verificar a persistência da Carbamazepina, ácido Clofíbrico e Primidona em águas subterrâneas de Berlim.

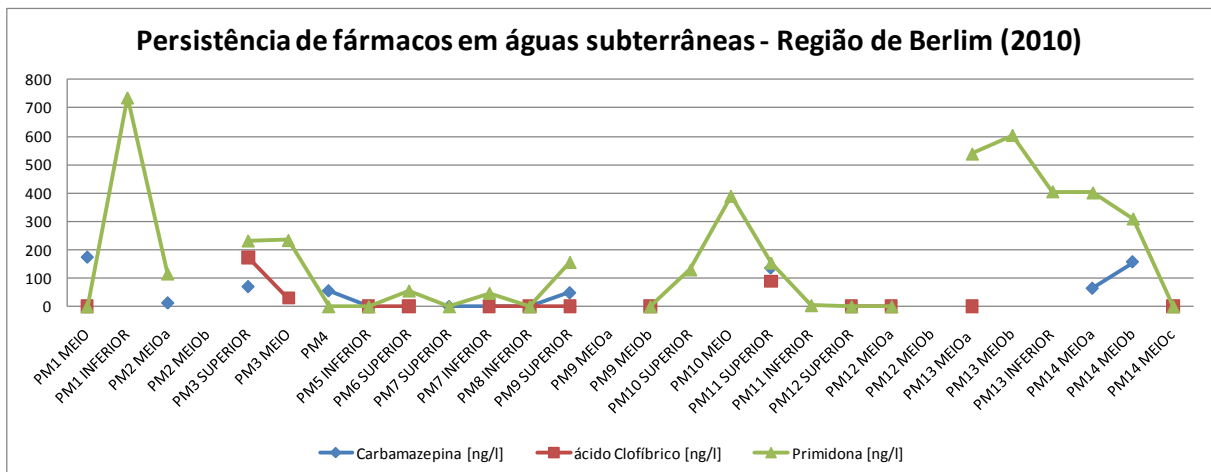


Figura 67: Monitoramento de águas subterrâneas de Berlim em 2010: Carbamazepina, ácido Clofíbrico e Primidona (MÜLLER, 2010).

Nos 16 pontos em que foram amostradas as águas subterrâneas, observa-se a maior dificuldade de degradação da Primidona. Mesmo tendo sido disponibilizada no meio ambiente em quantidade equivalente a 5,4% do consumo do ácido Clofíbrico e 11,9% do consumo da Carbamazepina no período de 1999 a 2009 é, dentre os fármacos pesquisados, o que se mantém em quantidades mais expressivas.

6 MÉTODOS EMPREGADOS PARA A AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE: VALA SÉPTICA DE CURITIBA/PR

Após a análise dos estudos já realizados na área da vala séptica de Curitiba foi verificada a necessidade de avaliar a qualidade das águas superficiais próximas ao empreendimento. Esta pesquisa avaliou a qualidade das águas superficiais através de análises físico-químicas, microbiológicas e ensaio de ecotoxicidade em peixes comparando-as com parâmetros comumente utilizados e recomendados pela legislação. Foi verificada a persistência de patógenos em águas superficiais e a presença de fármacos em águas superficiais e subterrâneas. Foi pesquisado ainda o subsolo da área da vala séptica, para obter características geofísicas da área.

6.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS CÓRREGO E LAGOA PRÓXIMOS A VALA SÉPTICA - BIOENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA E ENSAIO DE ECOTOXICIDADE EM PEIXES¹

Além dos parâmetros físico-químicos e dos bioensaios com o *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*, foi verificada a possibilidade de danos em cordões de DNA em peixes lambaris (*Astyanax spB*) expostos em água de córrego e lagoa próxima a vala séptica. Foram realizados o *Alkaline comet assay* e *Piscine Micronucleus Test*.

6.1.1 Características do local amostrado

Para avaliar a qualidade das águas superficiais foram analisados dois pontos que margeiam a vala séptica. O ponto lagoa fica a Leste da vala séptica, na altitude de 895m, e o ponto córrego está na mesma altitude, a Oeste. Estão distantes 200m da delimitação de área de disposição de resíduos (Figura 68).



Figura 68: Localização dos pontos córrego e lagoa para a avaliação da qualidade da água superficial (GOOGLE, 2011).

¹ O método utilizado e resultados obtidos foram publicados na *Ecotoxicology*. Vol.20, Nº2 (ERBE *et al.*, 2010) (Anexo 5).

O planejamento da amostragem incluiu:

- Avaliação dos parâmetros a serem analisados;
- Identificação da metodologia de coleta;
- Especificação do número e tipo de amostra a ser coletada (amostra simples ou composta);
- Definição dos pontos de amostragem;
- Verificação dos tipos de frascos a serem utilizados;
- Verificação da necessidade ou não de preservação das amostras;
- Determinação do prazo para a realização das análises;
- Avaliação do modo de transporte;
- Disponibilização de equipamentos necessários para a captação: frascos, corda, isopor, luvas, balde, *bailer*, etc.
- EPIs: o uso de luvas de borracha para evitar o contato da pele com a água.
- Caneta e fita isolante para a identificação da origem da amostra.

Após o preenchimento, o frasco contendo a amostra foi lacrado. Parte das amostras coletadas foi acondicionada em frascos plásticos e caixa de isopor com gelo e encaminhada para as análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaio de toxicidade aguda. Foram coletados mais 20L do ponto córrego e lagoa para encaminhamento ao laboratório de mutagênese para bioensaios com peixes. Estas amostras foram acondicionadas em caixas de isopor e mantidas aeradas artificialmente durante todo o procedimento de coleta, transporte e disposição em aquário para a exposição dos espécimes para estudo.

6.1.2 Análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaio de toxicidade aguda

As análises físico-químicas, microbiológicas e bioensaio de toxicidade aguda foram realizadas no Centro de Pesquisa e Processamento (CEPPA) do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (Anexo 6).

Os seguintes metais foram avaliados: alumínio, arsênio, bário, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cobre dissolvido, cromo, estanho, ferro, ferro dissolvido, magnésio, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio e zinco. Além destes metais foram avaliados a alcalinidade total, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio solúvel, demanda química de oxigênio solúvel, dureza total, fosfato, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio Kjeldahl total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, sulfato, turbidez, óleos e graxas, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, temperatura, pH, cloreto, oxigênio dissolvido, sulfeto, condutividade, boro, cianeto, fluoreto, fenol, clorofórmio, dicloroetano, tetracloreto de carbono, tricloroetano.

As determinações microbiológicas incluíram a contagem de Coliformes totais (NMP/100mL) e a contagem de *Escherichia coli* (NMP/100mL). A avaliação da toxicidade foi feita através do bioensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* e toxicidade aguda para *Daphnia magna* – CE(I)₅₀: 48h - taxa de imobilidade e sensibilidade ao dicromato de Potássio.

6.1.3 Ecotoxicidade em peixes

As análises para a verificação da ecotoxicidade em peixes foram realizadas no Laboratório de Citogenética Animal e Mutagênese Ambiental do Departamento de Genética da UFPR. Os ensaios tiveram a orientação da Prof. Dr^a. Marta Margarete Cestari e apoio e acompanhamento da Prof. Dr^a. Wanessa Ramsdorf.

Espécimes de lambaris (*Astyanax spB*; $N=48$) foram adquiridos comercialmente. A aclimação foi realizada durante quatro semanas em tanques aerados, a uma temperatura constante de 22°C e sob luz controlada (12/12 escuro/claro). Após a aclimação, 48 lambaris foram acondicionados em aquários de 20 litros, formando três diferentes grupos: água do córrego, água da lagoa e lambaris controles negativos (água filtrada do laboratório). Respectivamente 15, 18 e 15 espécimes de lambaris por aquário. Os peixes ficaram expostos à água coletada no local, por 96 horas. Após este período, cada espécime foi anestesiado com benzocaína 10% (GOMES *et al.*, 2001), e o sangue periférico foi obtido a partir dos vasos dorsal verticalmente por punção da axila da nadadeira anal até o canal hemal. Um total de 10µL da amostra de sangue foi mantido em 1mL de soro fetal bovino (FBS). Todas as amostras foram mantidas a 4°C e protegidas da luz. Também foi retirada uma gota de sangue de cada espécime para a montagem da lâmina de micronúcleo.

Alkaline comet assay

O *Alkaline comet assay* foi feito com sangue periférico (eritrócitos), como descrito por Speit & Hartmann (1999). 10µL de sangue homogeneizado em FBS foram diluídos em 120µL de fusão baixo agarose (LMA) e colocado em uma lâmina coberta por agarose normal. As lâminas foram colocadas em solução de lise (solução estoque lise: NaCl (2,5 M), EDTA (100mm), Tris (10 mM), NaOH (0,8%), N-lauril-sarcocinate (1%); lise solução de trabalho: triton X100 (1%), DMSO (10%) em solução estoque de lise), por 24h em 4°C. Na etapa seguinte, as lâminas foram inicialmente imersas em solução de NaOH (10N) e EDTA (200mM), pH > 13 durante 20min, para efeito de desnaturação do DNA e, em seguida, submetidas à eletroforese em 300mA e 25V por 25min. Após a neutralização em Tris 0,4M, pH 7,5 e fixação em etanol por 10min, os cometas foram corados com 0,02g/mL de brometo de etídio, possibilitando a avaliação do ensaio em um microscópio de epifluorescência Leica DMLS2.

Uma centena de cometas em cada lâmina foi marcada visualmente como pertencente a uma das cinco classes pré-definidas com relação à intensidade da cauda. Para cada cometa marcado foi dado um valor de 0, 1, 2, 3 ou 4. De não danificado (0) para maximamente danificado (4) (COLLINS *et al.*, 1997) (Figura 69).

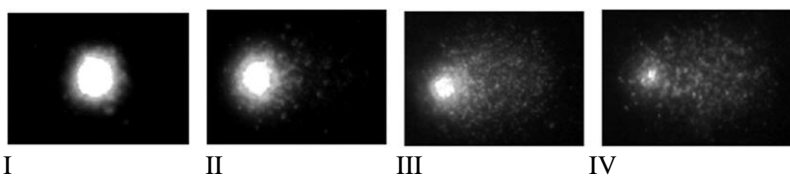


Figura 69: Classes de danos avaliados no *Alkaline comet assay*: I – II – III – IV (SPEIT & HARTMANN, 1999).

A pontuação foi calculada multiplicando o número de núcleos encontrados em uma classe, pelo número de classes.

As figuras 70 e 71 apresentam um resumo das etapas.

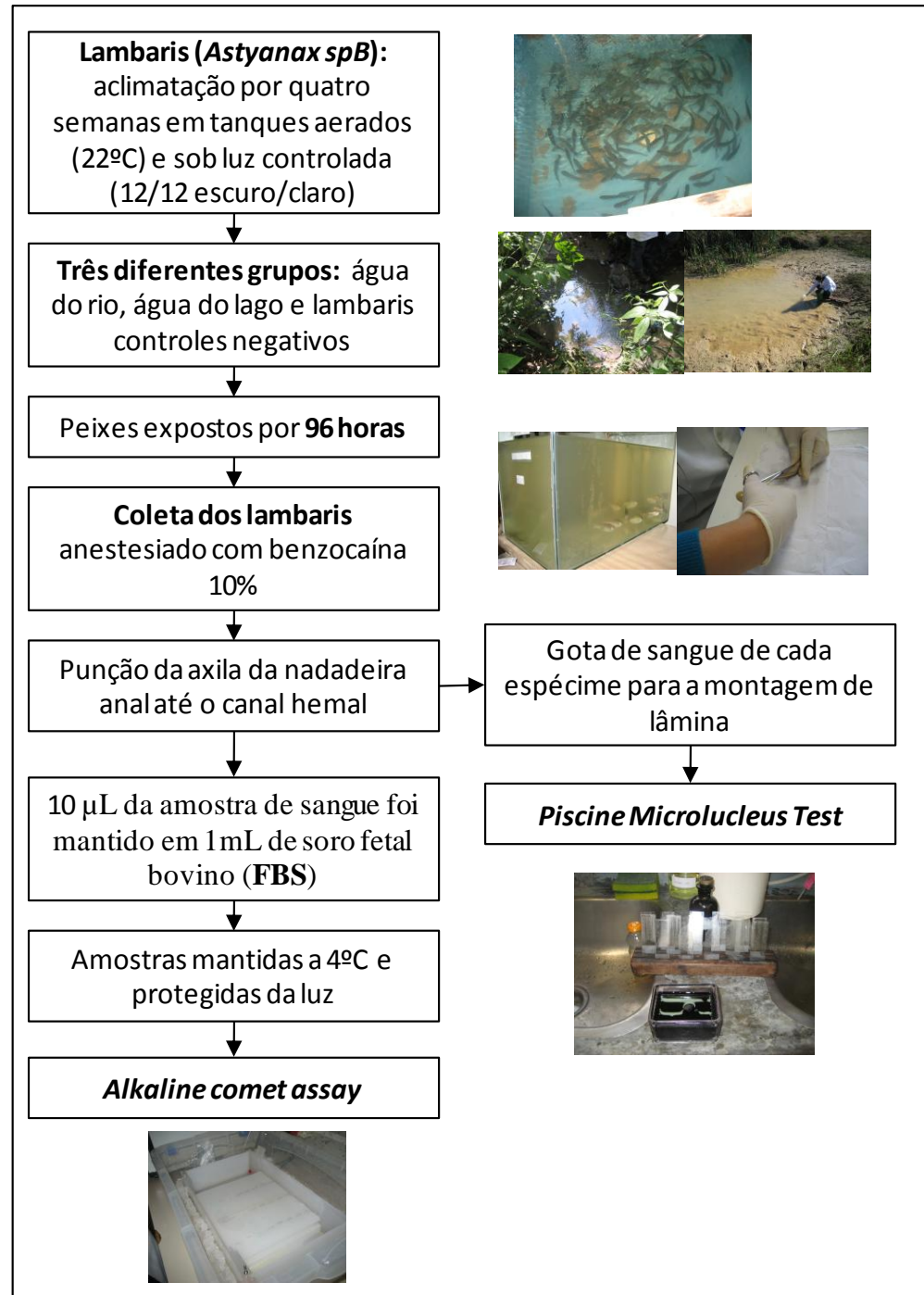


Figura 70: Ensaio para ecotoxicidade em peixes- resumo das etapas (ERBE, 2010).

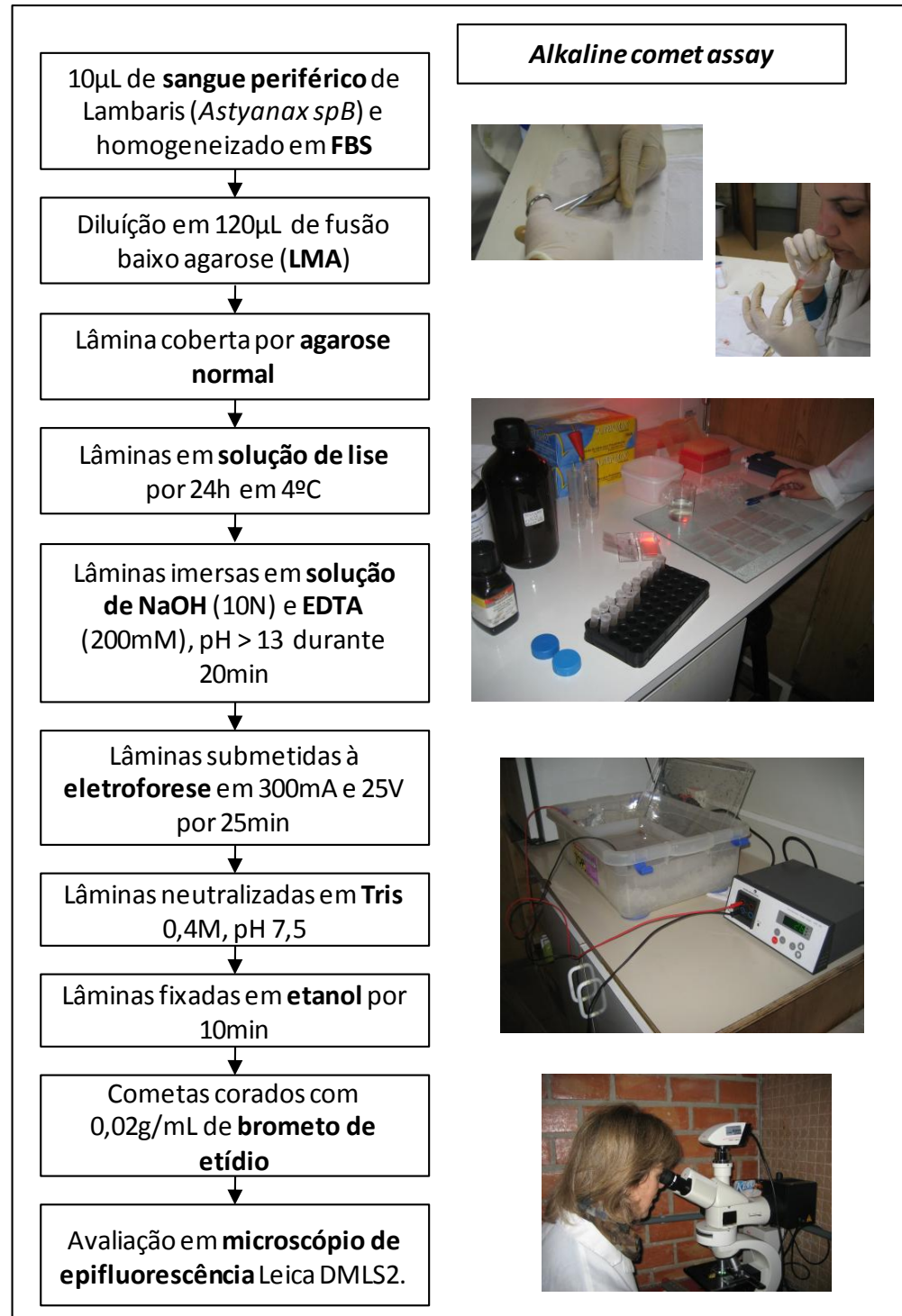


Figura 71: Alkaline comet assay - resumo das etapas (ERBE, 2010).

Piscine Micronucleus Test

O *Piscine Micronucleus Test* (MNT) foi realizado através da análise de 2.000 células vermelhas do sangue periférico por peixes de acordo com a técnica descrita por Heddle (1973) e Schmid (1975). A frequência de micronúcleos e alterações morfológicas nucleares foram observadas, somadas e denominadas MNT (CARRASCO *et al.*, 1990).

6.2 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS ESSENCIS E TOSHIBA - ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Para possibilitar uma comparação entre as águas superficiais do ponto córrego, próximo ao depósito de resíduos dos serviços de saúde com os pontos situados a montante deste monitoramento, foram avaliados os mesmos parâmetros das análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados obtidos foram confrontados com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005a) para o enquadramento e classificação de corpos de água para rios Classe 2.

6.2.1 Características do local amostrado

As amostras, identificadas como “ponto ESSENCIS” e “ponto TOSHIBA”, foram coletadas no córrego situado ao Norte da empresa ESSENCIS e ao Sul da empresa TOSHIBA. Os pontos de coleta situam-se a Oeste da vala séptica (Figura 72). O córrego amostrado é área de interesse para as atividades das duas empresas contatadas.



Figura 72: Localização dos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e ponto córrego (GOOGLE, 2011).

6.3 PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Foram pesquisados e comparados os resultados em águas superficiais da área do entorno da vala séptica de Curitiba, quanto à presença de patógenos causadores de infecção e suas implicações no meio ambiente. Foram analisadas a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e *Pseudomonas aeruginosa*.

6.3.1 Características do local amostrado

Para avaliar a persistência de patógenos foram pesquisados sete pontos: três em águas do córrego, um em água da lagoa, um no percolado do depósito e dois em nascentes.

Foram analisadas as águas do córrego que faz divisa entre o depósito de resíduos e a empresa TOSHIBA em três pontos distintos, da lagoa situada ao Leste do depósito, em uma vertente de percolado do depósito e em duas nascentes situadas ao Sul (Figura 73). As coordenadas estão apresentadas no quadro 08.

Quadro 08: Coordenadas dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais.

| ORIGEM | LOCALIZAÇÃO | ALTITUDE (m) | COORDENADAS | |
|------------------------|---|-----------------|-------------|-----------|
| PONTO CÓRREGO | Oeste – antes da disposição do efluente tratado da TOSHIBA. Há 30m da área cercada. | 895 | 666164 E | 7177866 N |
| PONTO TOSHIBA | Oeste – na divisa Sul da TOSHIBA. | 912 | 666253 E | 7177438 N |
| PONTO ESSENCIS | Sudoeste – próximo à nascente, entre a ESSENCIS e TOSHIBA. | 910 | 666279 E | 7177403 N |
| LAGOA | Leste – há 25m da área cercada. | 895 | 666802 E | 7177881 N |
| PERCOLADO DO DEPÓSITO | Sudeste - Próximo ao PM2 desativado. | 921 | 666655 E | 7177632 N |
| RESIDÊNCIA NASCENTE 00 | Sul. Rua José Cheinfirt, 86 | 909 | 666314 N | 7177401 N |
| RESIDÊNCIA NASCENTE 01 | Sul. Rua José Cheinfirt, 86 | 919 | 666213 N | 7177370 N |



Figura 73: Localização dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais (GOOGLE, 2011).

6.3.2 Coleta das amostras

As coletas das águas foram feitas por amostragem simples, justificadas pelas características pontuais da avaliação. Cuidados especiais foram dados para a ambientação dos frascos coletores.

O ponto córrego e o ponto da lagoa foram pesquisados em junho de 2009. Em dezembro de 2009 foram amostrados os pontos TOSHIBA e ESSENCIS. Para estas amostragens houve a cooperação da SMMA e empresas TOSHIBA e ESSENCIS.

Observando o fluxo do percolado oriundo do lado Sudoeste da vala, próximo ao poço PM2 desativado, houve o interesse em aumentar a pesquisa na tipologia de patógenos que poderiam ainda estar presente neste efluente. Em junho de 2010 foi feita esta coleta (Figura 74 e 75).

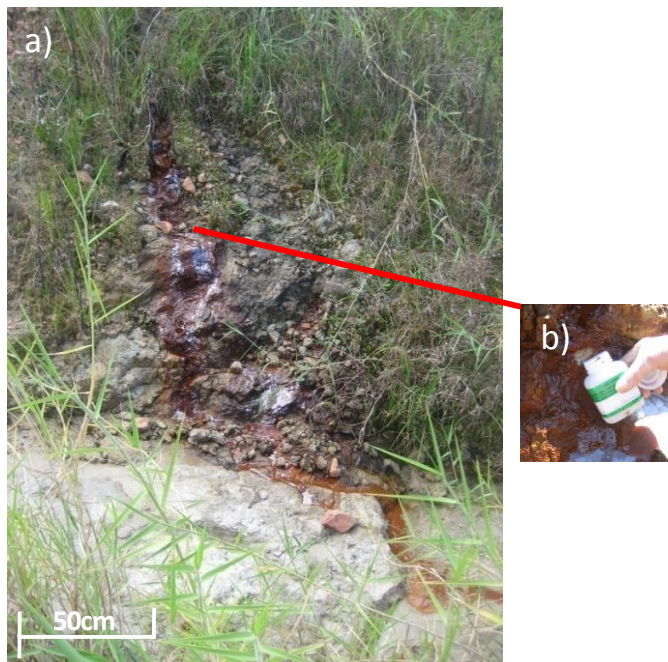


Figura 74: Percolado oriundo do lado Sudoeste do depósito de resíduos (a) e coleta da amostra (b) (ERBE, 2010).

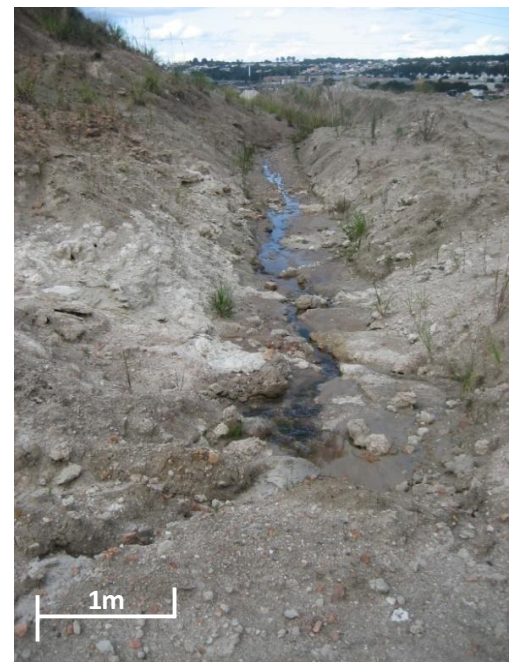


Figura 75: Percolado oriundo do lado Sudoeste da vala que segue em direção ao rio Barigüí (ERBE, 2010).

Como as águas das nascentes, até o momento da pesquisa, estavam sendo utilizadas para o consumo humano, foi acionada a Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba para realizar a coleta e análise destas águas. A amostragem foi feita em 29 de junho de 2010.

O planejamento da amostragem está apresentado no quadro 09.

Quadro 09: Planejamento da coleta de amostras para a avaliação da persistência de patógenos em águas superficiais

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | DATA DA COLETA | NÚMERO DE AMOSTRA ⁽¹⁾ | Bactérias Heterotróficas | Coliformes Totais | Coliformes termotolerantes | <i>Escherichia coli</i> | Enterococos | Clostrídios | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
|------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| PONTO CÓRREGO | Jun/2009 | 2 | | x | | x | | | |
| PONTO LAGOA | Jun/2009 | 2 | | x | | x | | | |
| PONTO TOSHIBA | Dez/2009 | 2 | | x | | x | | | |
| PONTO ESSENCIS | Dez/2009 | 2 | | x | | x | | | |
| PERCOLADO DO DEPÓSITO | Jun/2010 | 5 | | x | | x | x | x | x |
| RESIDÊNCIA NASCENTE 00 | Jul/2010 | 2 | x | x | x | x | | | x |
| RESIDÊNCIA NASCENTE 01 | Jul/2010 | 5 | x | x | x | x | | | x |

(1) As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos ou vidros, previamente esterilizados e mantidas refrigeradas até a realização da análise.

6.4 PRESENÇA DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ENTORNO DA VALA SÉPTICA

Esta fase do estudo avaliou a persistência de fármacos em águas superficiais e subterrâneas próximas à vala séptica de Curitiba e suas implicações no meio ambiente. Os ensaios foram realizados na Universidade Técnica de Berlim, Departamento de Hidrogeologia, sob a orientação do Dr. Traugott Scheytt (*Technische Universität Berlin - Geochemisches Gemeinschaftslabor*) e co-orientação da Geóloga Beate Müller, *Fachgebiet Hydrogeologie*.

A pesquisa foi conduzida e direcionada para a análise dos componentes ativos e metabólitos de medicamentos: ácido Clofíbrico, Carbamazepina e Primidona, devido ao histórico da persistência destes medicamentos. O Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de *Göttingen/Alemanha*, atualmente analisa 46 tipos diferentes de medicamentos persistentes na água (Anexo 7). A tabela 14 mostra o tipo de aplicação, seus componentes ativos e o limite de detecção para os compostos: ácido Clofíbrico ($C_{10}H_{11}ClO_3$), Carbamazepina ($C_{15}H_{12}N_2O$) e Primidona ($C_{12}H_{14}N_2O_2$). A figura 76 apresenta suas fórmulas estruturais.

Tabela 14: Aplicação de medicamentos e limites de detecção (GÖTTINGEN, 2010).

| APLICAÇÃO | COMPONENTE ATIVO | LD ⁽¹⁾ | LD ⁽¹⁾ |
|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| | | ÁGUA RESIDUÁRIA [ng/l] | ÁGUA SUPERFICIAL [ng/l] |
| Regulador de Lipídios | ÁCIDO CLOFÍBRICO | 15 | 3,4 |
| Anticonvulsionante e sedativo | CARBAMAZEPINA | 8,8 | 2,2 |
| | PRIMIDONA | 13 | 2,7 |

(1) Limites de detecção.

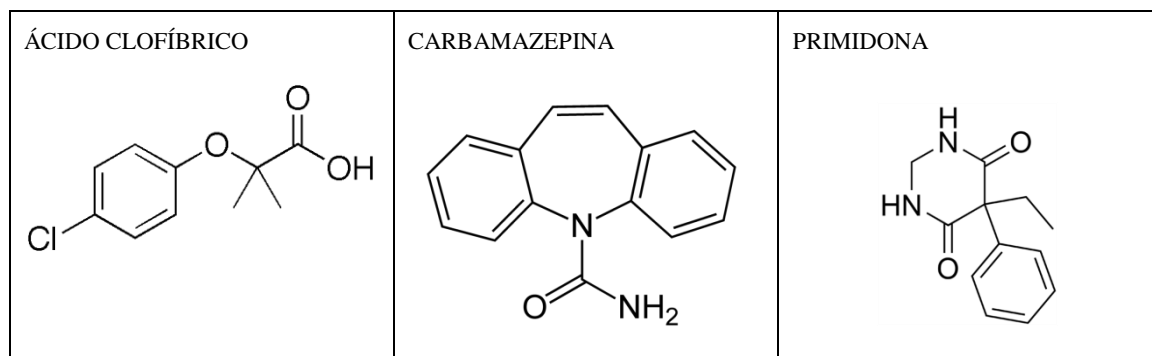


Figura 76: Fórmula estrutural do ácido Clofibrico, Carbamazepina e Primidona (NLM, 2010).

6.4.1 Características do local amostrado

Foram pesquisados dois pontos em águas superficiais e dois pontos em águas subterrâneas, situados na área de interesse da vala séptica de Curitiba.

As águas superficiais foram analisadas no ponto lagoa e córrego, que ficam a Leste e a Oeste da vala séptica. Estes mesmos pontos foram amostrados e avaliados quanto à qualidade das águas superficiais. Para avaliar a persistência de fármacos nas águas subterrâneas foram coletadas amostras dos poços de monitoramento PM12 e PM14 (Figura 77).

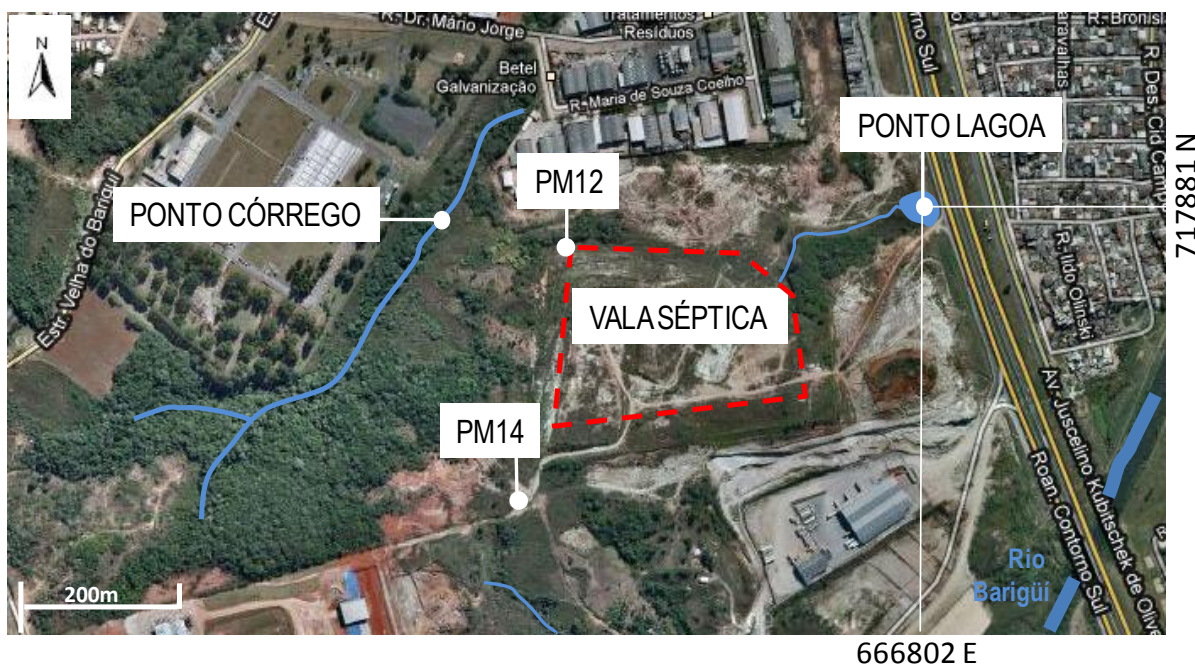


Figura 77: Localização dos pontos de amostragem para a avaliação da persistência de fármacos (GOOGLE, 2011).

O poço PM12 está situado na altitude de 908m, nas coordenadas 666306 E e 7177864 N e nível de água a 904m. O poço PM14 está situado na altitude de 923m, nas coordenadas 666278 E e 7177507 N e nível de água a 918m.

Na avaliação das condições operacionais dos poços de monitoramento existentes, realizada em outubro de 2008 e no momento da coleta das amostras, efetuada pelos técnicos da SMMA em dezembro de 2009, foi verificado que os poços PM12 e PM14 se apresentavam apropriados para a realização do ensaio (Figuras 78 e 79).



Figura 78: Localização do poço PM12 (666306 E e 7177864 N) (ERBE, 2010).



Figura 79: Detalhe do poço PM14 (666278 E e 7177507 N) (ERBE, 2010).

As figuras 80 e 81 apresentam a sondagem desses poços realizada em outubro de 2006 pela empresa Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. (BIOLÓGICA, 2006b).

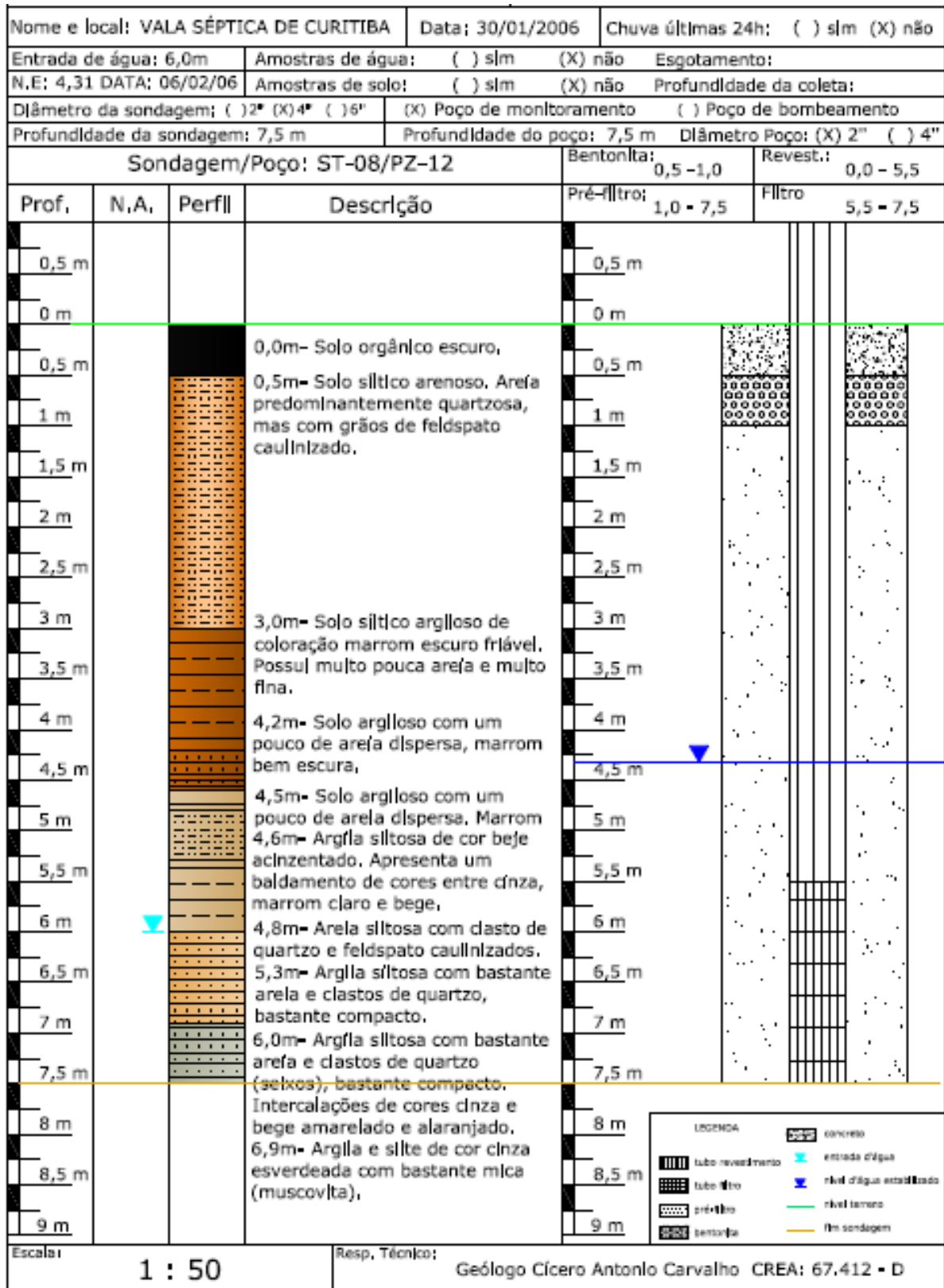


Figura 80: Perfil descritivo do poço PM12, realizada em outubro de 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

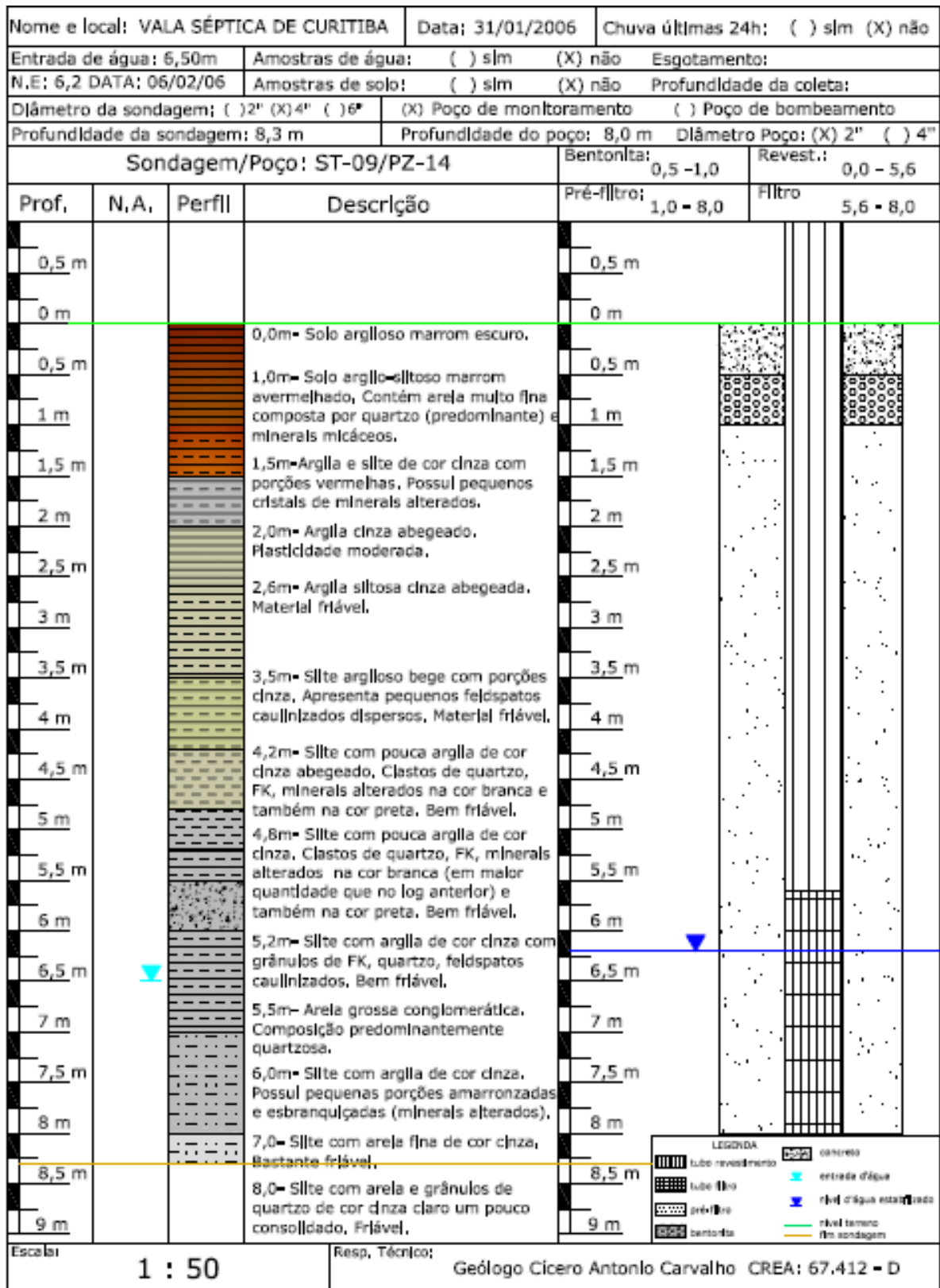


Figura 81: Perfil descritivo do poço PM14, realizada em outubro de 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

6.4.2 Coleta das amostras

Conforme orientação dada pelo Dr. Traugott Scheytt, os frascos plásticos utilizados para a coleta das amostras foram previamente acidificados com ácido nítrico 0,5%. A coleta das amostras foi efetuada por técnicos da SMMA. Foi feita por amostragem simples, justificada pela característica dos pontos amostrados (Figuras 82 e 83). Cuidados especiais foram dados para a ambientalização dos frascos coletores (lavar com a água a ser amostrada).



Figura 82: Local de amostragem do ponto lagoa (ERBE, 2010).



Figura 83: Local de amostragem do ponto córrego (ERBE, 2010).

Para a captação das águas subterrâneas foram utilizados "amostradores descartáveis" (*bailer*). Os seguintes cuidados foram considerados:

- A introdução e retirada do *bailer* no interior do poço foi feita com cuidado, evitando a agitação da amostra;
- Ao atingir o nível da água (N.A.) o *bailer* ficou livre e, pelo seu próprio peso submergiu. Após a entrada de água pela parte inferior do amostrador, o mesmo flutuou.
- Foi utilizado um *bailer* para cada poço amostrado.

Para o manuseio e o deslocamento das amostras da área do campo até o laboratório, as mesmas foram acondicionadas em caixa plástica, na vertical, dentro de sacos plásticos.

Cuidado especial foi necessário para a preservação do calor das amostras coletadas, mantendo-as em geladeira, a uma temperatura aproximada de 10°C e fora da incidência de luz. As amostras foram transportadas até a Universidade Técnica de Berlim, laboratório de química do Departamento de Ciência do Solo, para dar andamento ao ensaio para a extração da fase sólida. A análise para a verificação da persistência dos produtos farmacêuticos foi realizada no Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de Göttingen.

6.4.3 Análise dos MPHPs - Ácido Clofíbrico, Carbamazepina e Primidona em águas situadas na área de interesse da vala séptica de Curitiba

Para a análise dos fármacos selecionados foi aplicado o método analítico de multi-resíduos (NÖDLER *et al.*, 2010) baseado no alto desempenho de separação por cromatografia líquida, com detecção de ionização por espectrometria de massa (HPLC/MS-MS). Este método

permite uma análise simultânea de 46 compostos básicos, neutros e ácidos ($\log K_{ow} < 0-5,9$). A extração simultânea em fase sólida (SPE) de todos os analitos seguido por separação simultânea e detecção por HPLC/MS-MS com ionização por spray na polarização positiva e negativa dentro do mesmo cromatograma é a principal característica deste método.

As amostras de água, identificadas como PM14, PM12, LAGOA e RIO (Figura 84), foram separadamente filtradas a vácuo em filtro de acetato de celulose $0,45\mu\text{m}$ (Figura 85). O filtro garante que apenas as substâncias dissolvidas realmente possam ser quantificadas.



Figura 84: Amostras de água identificadas como: PM14, PM12, LAGOA e RIO (ERBE, 2010).



Figura 85: Filtro a vácuo (ERBE, 2010).

Em cada amostra, contendo 250mL de água a ser analisada, foi adicionado 0,1mL de solução padrão interno 2000ng/L, preparando-as para a extração da fase sólida.

Preparo da solução padrão interno: 10,07mg de Fenoprop (2,4,5 – TP) com 10,11mg de 10,11 – Dihidrocarbamazepina 99% em 100mL de metanol. 1mL deste material em 100mL de metanol resulta em uma solução 10.000ng/mL de padrão interno. Para uma solução padrão interno a 2000ng/mL, titula-se 2mL deste material em 10mL de metanol.

Para a extração em fase sólida e determinação dos MPHPs foi utilizado o cartucho de extração - OASIS hidrofílico-lipofílico equilíbrio SPE (Cartucho Tipo 5cc, 200mg), fabricado por Waters Corporation (Especificação no anexo 9). O condicionamento da coluna foi realizada com 5mL de metanol e equilibrado com 10mL de água pura. A vazão da amostra de água através da coluna foi de cerca de 10mL/min. Como meio para a extração do eluato foram realizadas três lavagens com 3mL de metanol e 5 mL de acetonitrila, que foram recolhidas separadamente. Até o processamento do eluato, os cartuchos devidamente identificados foram mantidos fora da incidência de luz e à temperatura de 10°C . Através de um fluxo de nitrogênio ocorreu a remoção do solvente e o resíduo resultante foi dissolvido novamente com metanol puro. Esta técnica possibilita uma maior concentração das substâncias a serem detectadas. A análise foi realizada utilizando o Espectrômetro de massa de cromatografia líquida HPLC/MS-MS. O limite de detecção para as águas subterrâneas é de 10 a 50ng/L. Para as águas de superfície o limite de detecção é de 10 a 20ng/L.

A figura 86 apresenta um resumo das etapas.

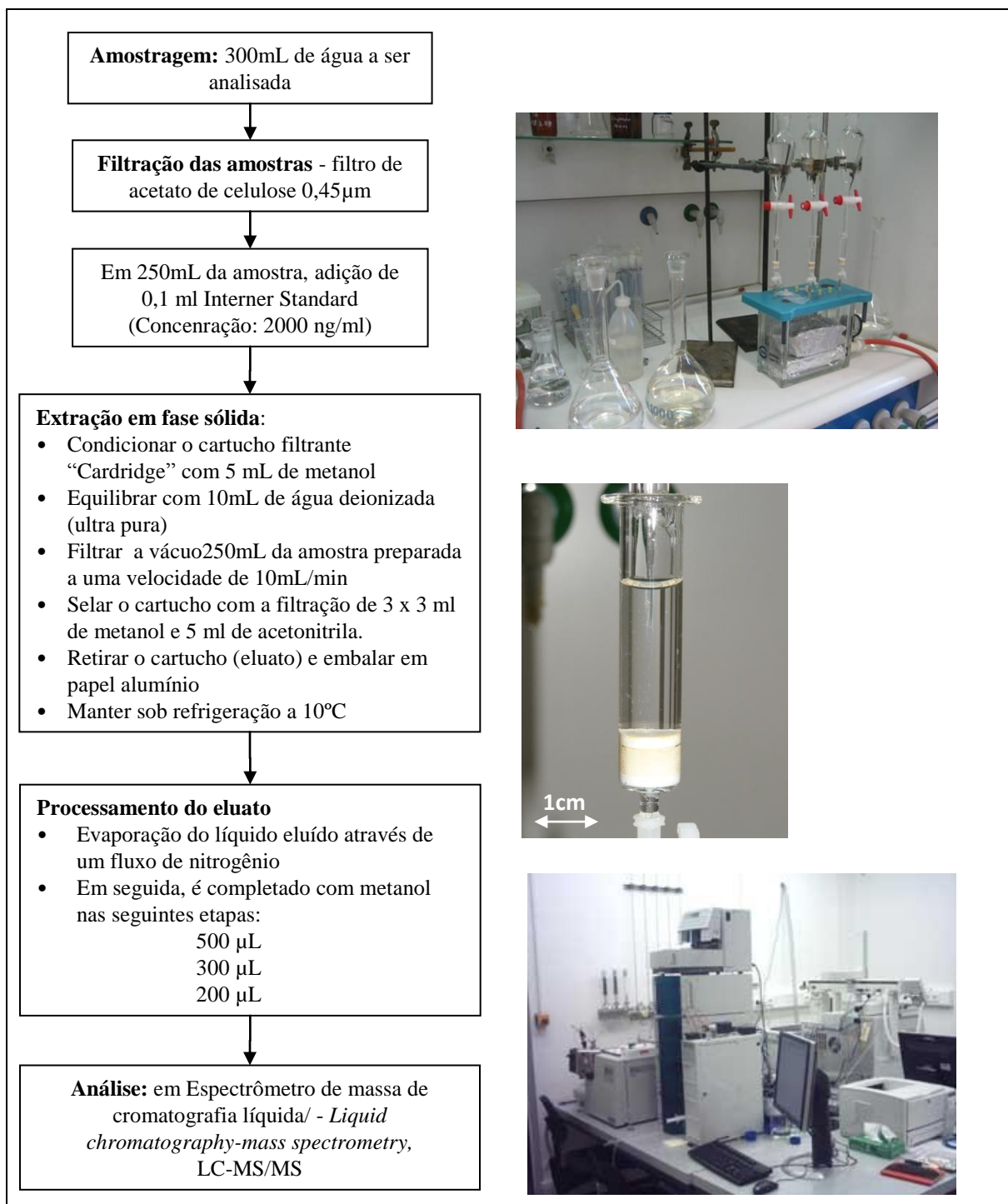


Figura 86: Etapas para a obtenção do eluato das amostras dos pontos PM14, PM12, LAGOA e RIO (ERBE, 2010).

6.5 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO DA ÁREA DA VALA SÉPTICA - LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Ciente da geração de uma pluma de contaminantes das águas subterrâneas, oriundas da disposição dos resíduos dos serviços de saúde na vala séptica, foi efetuado o levantamento geofísico, eletrorresistivo. Objetivou-se caracterizar a influência das rochas sedimentares na disseminação de uma possível pluma de contaminação. Para a realização deste ensaio houve o

apoio do Laboratório de Topografia (LABTOPO) da UFPR e captação e auxílio para a interpretação dos dados do Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada (LPGA) da UFPR. Apoio do Prof. Dr. Francisco J. Fonseca Ferreira, Geólogo Rodoilton Stevanato, Eng. Cartógrafo Ernesto Mitsuo Shibayama e do Técnico Joelson Wambier Fialla, além de quatro auxiliares disponibilizados pela PMC, Setor de Limpeza Especial, durante 20 dias de trabalho.

6.5.1 Levantamento topográfico

Para dar início na aquisição de dados topográficos e obter as coordenadas de duas estações base foi utilizado o método de posicionamento estático *Global Positioning System* (GPS). Dois receptores fixos observaram os mesmos satélites durante duas horas e trinta minutos, sendo determinadas as componentes dos raios vetores definidos pelas estações com uma precisão de 1 a 2ppm (1/1.000.000 a 1/500.000). A partir destas duas bases executou-se o levantamento topográfico planialtimétrico por irradiação. Visando estabelecer um referencial, a geração dos mapas finais utilizou um sistema de coordenadas locais.

Método Estático

Para gerar e transmitir os sinais do GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação) foi utilizado um método estatístico em segmento espacial. Devido às suas aplicações originais de navegação, o método estático, também chamado de *Navigation Satellite Time and Ranging* GPS (NAVSTAR), subdivide-se em três segmentos: (i) espacial, (ii) de controle e (iii) do usuário.

O segmento espacial é composto por 24 satélites. De acordo com Mônico (2007), 21 são suficientes para cobrir toda a Terra e três são originalmente previstos como reserva. São distribuídos em três planos órbitas espaçados igualmente, com quatro satélites em cada um, a altitude aproximada de 20200 km. Os planos orbitais são inclinados de 55° em relação ao Equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais. A configuração dos satélites se repete, a cada dia, 4 minutos mais cedo em um mesmo local. Essa configuração garante que no mínimo quatro satélites sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora.

O segmento de controle é responsável pela operação do Sistema GPS. Sua principal função é atualizar a mensagem de navegação transmitida pelos satélites. Este segmento é constituído por estações de monitoramento estrategicamente distribuídas pela Terra, as quais rastreiam continuamente todos os satélites visíveis pelo campo da antena das estações. Os dados rastreados são transmitidos para uma estação central em Colorado Springs/USA, para serem processados com o objetivo de calcular os dados relativos às órbitas (efemérides), além da correção dos relógios dos satélites para atualizar a mensagem de navegação.

O segmento do usuário refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária para determinação de posição, velocidade ou tempo. São os receptores, algoritmos, programas, metodologias e técnicas de levantamento.

Estes sinais são derivados da frequência fundamental de 10,23Mhz, apresentando a seguinte estrutura:

Ondas Portadoras

$$L1 = 154.f_0 = 1575,42 \text{ Mhz}$$

$$L2 = 120.f_0 = 1227,60 \text{ Mhz}$$

Modulados em fase com as portadoras, os códigos são seqüências de +1 e -1 (*Pseudo Random Noise codes* - PRN), emitidos as seguintes freqüências:

Código C/A (*Coarse Aquisition Code*): $f_c/10 = 1,023$ Mhz

Código P (*Precision Code*): $f_c/1 = 10,23$ Mhz

O Código C/A se repete a cada 1 milissegundo, enquanto que o P a cada 267 dias. Este período de 267 dias é subdividido em segmentos de 7 dias, sendo atribuída à cada satélite a seqüência de código para um segmento.

Foi utilizado o método estático para rastreamento (MÔNICO, 2007), com o objetivo de alcançar precisão centimétrica pós-processado.

Método por Irradiação

Este método é utilizado para levantamento de pequenas áreas e consiste na seleção de um ponto conveniente para instalar o aparelho (estação total), podendo este estar fora ou dentro do perímetro de interesse, tomando nota dos azimutes e distâncias entre a estação do aparelho e cada ponto visado.

O levantamento topográfico planialtimétrico das coordenadas de partida foi executado de acordo com a norma ABNT NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico (ABNT, 1994).

Para a aquisição dos dados topográficos e obtenção das coordenadas de duas estações base foi utilizado o método de posicionamento estático GPS e foi executado com um receptor GPS GPS900 do fabricante Leica Geosystems - Medição de fase L1/L2. Dois receptores fixos observaram os mesmos satélites durante duas horas e trinta minutos, sendo determinadas as componentes dos raios vetores. Esses pontos foram processados no *South American Datum-69* (SAD-69).

6.5.2 Posicionamento dos piquetes

Para o posicionamento dos piquetes foi elaborado o plano de pesquisa, demarcando as estações e arranjo (Quadro 10).

- 5 linhas de caminhamento elétrico (método de potenciais), denominadas de L1 a L5. O espaçamento entre as linhas foi de 100 a 110m.
- espaçamento entre os eletrodos de 20m.

Quadro 10: Demarcação das estações para ensaio geofísico

| LINHAS | Nº PIQUETES | COMPRIMENTO | ESPAÇAMENTO ENTRE PIQUETES | ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS |
|--------|-------------|-------------|----------------------------|--------------------------|
| L1 | 25 | 480m | 20m | 100m |
| L2 | 25 | 480m | 20m | 100m |
| L3 | 23 | 440m | 20m | 100m |
| L4 | 20 | 380m | 20m | 100m |
| L5 | 19 | 360m | 20m | 110m |

Cada piquete foi sinalizado, indicando a linha e o espaçamento, permitindo identificar a estação correspondente. Assim, o primeiro piquete da primeira linha – L1 foi sinalizado como L1/0 e o último piquete desta linha foi L1/480. Seguindo este método, o primeiro piquete da linha 5 (última linha) foi sinalizado como L5/0 e o último piquete L5/360 (Figura 87 e 88).



Figura 87: Picada e piquete (ERBE, 2010).



Figura 88: Piquete (ERBE, 2010).

Foram implantadas cinco linhas (L1 a L5), espaçadas de 100m entre L1, L2, L3 e L4 e de 110m entre L4 e L5, com estações a cada 20m (Figura 89). No anexo 8 estão apresentadas as coordenadas das linhas levantadas.



Figura 89: Posicionamento das linhas e estações de medição.

6.5.3 Seleção do método geofísico

Para a seleção do método geofísico aplicado foi necessário ter conhecimento das principais características da geologia local, incluindo tipologia dos contaminantes presentes na área e das águas subterrâneas e superficiais.

Influência do meio geológico na detecção da contaminação

O material geológico, no qual está depositado o resíduo atua na aplicabilidade e na eficiência do método geofísico adotado e se baseia na condutividade ou resistividade elétrica (BRAGA, 2007).

Em solos e rochas, o mecanismo pelo qual a corrente elétrica se propaga são caracterizados pela sua condutividade σ , que numericamente pode ser expressa como o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{Simens/m})$$

Os mecanismos de propagação das correntes elétricas podem ser do tipo condutividade eletrônica ou iônica (Quadro 11).

Quadro 11: Classificação dos tipos de condutividade (BRAGA, 2007).

| | |
|--------------------------|---|
| CONDUTIVIDADE ELETRÔNICA | Através do transporte de elétrons na matriz da rocha, sendo sua resistividade em função da agregação dos minerais e o grau de impurezas. |
| CONDUTIVIDADE IÔNICA | Em função do deslocamento dos íons existentes nas águas contidas nos poros de uma massa de solo, sedimentos inconsolidados ou fissuras das rochas |

As rochas que possuem condutividade iônica têm resistividade em função decrescente da quantidade de água, da natureza dos sais dissolvidos e da porosidade total comunicante. Praticamente, todas as rochas possuem poros em proporção maior ou menor, os quais podem estar ocupados, totais ou parcialmente, por eletrólitos sendo que, em conjunto, elas se comportam como condutores iônicos, de resistividades muito variáveis.

Um mesmo tipo litológico pode apresentar uma ampla gama de variação nos valores de resistividade. Sedimentos inconsolidados saturados e rochas apresentam variações típicas nos valores de resistividade.

Todas as rochas possuem poros em quantidade variáveis, os quais podem estar preenchidos por eletrólitos, comportando-se como condutores iônicos. A corrente elétrica flui através do eletrólito de saturação. Somente a estrutura mineral não é boa condutora de corrente elétrica. A relação entre a resistividade global das rochas e a do eletrólito que preenche seus poros pode ser determinada através do coeficiente denominado Fator de formação (F), através de:

$$F = \rho_r / \rho_a$$

Onde:

ρ_r = resistividade média da rocha (matriz e poros incluídos);

ρ_a = resistividade da solução de saturação dos poros.

A partir do levantamento geofísico por eletrorresistividade e do fator de formação nos estudos da resistividade do subsolo, se obtém uma estimativa bastante próxima do real, das porosidades de diferentes formações geológicas (BRAGA, 2007).

O quadro 12 relaciona os tipos de materiais geológicos e de que maneira estes materiais podem influenciar na detecção da contaminação. As principais aplicações dos métodos geofísicos em áreas contaminadas estão apresentadas no quadro 13.

Quadro 12: Influência dos materiais geológicos na detecção da contaminação pelo ensaio geofísico (adaptado de CETESB, 1999).

| MATERIAL GEOLÓGICO | CONDUTIVIDADE ELÉTRICA | CONDUTIVIDADE NATURAL DO MEIO (<i>background</i>) | | PROPAGAÇÃO DOS CAMPOS E ONDAS ELETROMAGNÉTICAS |
|---|--|--|---|--|
| | | CONDUTIVIDADE DOS CONTAMINANTES INORGÂNICOS | CONDUTIVIDADE DOS CONTAMINANTES ORGÂNICOS | |
| ARGILA | alta | Contraste pequeno. Pode mascarar a detecção da contaminação. | Contraste salientado. | Atenuado. |
| ROCHAS ARENOSAS | baixa | Contraste salientado. | Contraste pequeno. | Dificuldade de propagação. |
| SEDIMENTOS NÃO CONSOLIDADOS / MATERIAL INTEMPERIZADO - areias, cascalhos, seixos. | baixa | Contraste salientado. | Contraste pequeno. | Dificuldade de propagação. |
| ROCHAS FRATURADAS | Melhores resultados têm sido determinados por perfilagens eletromagnéticas e de resistividade. | | | Detecção das fraturas como caminhos preferenciais para os contaminantes. |
| ÁREAS CÁRSTICAS | Grande variação das propriedades físicas do meio. Os métodos geofísicos são utilizados para caracterizar o meio geológico no qual os contaminantes possam se propagar. | | | |

Quadro 13: Principais aplicações dos métodos geofísicos em áreas contaminadas (adaptado de CETESB, 1999).

| | GEO-RADAR | ELETRO-MAGNÉTICO | ELETORRESISTIVIDADE | MAGNETOMÉTRICO |
|---|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Caracterização geológica e hidrogeológica de locais | Adequado | Alternativo | Adequado | Não se utiliza |
| Mapeamento de pluma de contaminação inorgânica | Alternativo | Adequado | Alternativo | Não se utiliza |
| Localização de valas de resíduos e determinação dos limites de aterros e lixões | Adequado | Adequado | Alternativo | Não se utiliza (só se houver presença de materiais metálicos) |
| Investigação de resíduos orgânicos e pluma orgânica | Adequado | Alternativo (em condições especiais) | Alternativo (em condições especiais) | Não se utiliza |
| Detecção de objetos metálicos enterrados | Adequado | Alternativo | Não se utiliza | Adequado |

Método geofísico da Eletrorresistividade

De acordo com CETESB (1999), é justificado o uso do método geofísico da Eletrorresistividade quando se apresentam as seguintes características:

- A técnica de caminhamento pode ser empregada para detectar e mapear as plumas de contaminação, e também as variações na hidrogeologia local;
- Através da técnica de sondagem elétrica vertical (SEV) é possível estimar a profundidade, espessura e resistividade das camadas em subsuperfície, além da profundidade aproximada do nível d'água;
- Os dados de caminhamento ou sondagem elétrica podem ser avaliados qualitativamente ou semiquantitativamente no campo;
- Os dados de resistividade podem sugerir a composição geológica de uma camada ou estimar a condutividade específica da pluma;
- A profundidade de aterros ou de locais de descarte de resíduos pode, muitas vezes, ser estimada;
- Dos métodos apresentados é aquele que atinge maior profundidade de investigação (superior a 100m), dependendo fundamentalmente da abertura dos eletrodos de corrente, da geologia local e da corrente elétrica injetada no solo.

Causados por atividade eletroquímica e eletrocinética ocorrem na subsuperfície terrestre como potenciais elétricos naturais ou espontâneos. De acordo com Telford *et al.* (1990), o fator de controle, em todos os casos, é a água subterrânea. Os potenciais podem estar associados à presença de corpos metálicos, contatos entre rochas de diferentes propriedades elétricas, atividade bioelétrica de materiais orgânicos, gradientes térmicos e de pressão nos fluídos subterrâneos e outros fenômenos de natureza similar.

A determinação da resistividade elétrica dos materiais, junto com a constante dielétrica e a permeabilidade magnética, expressa as propriedades eletromagnéticas dos solos e rochas. Os diferentes tipos de materiais existentes no ambiente geológico possuem resistividade elétrica, que reflete características de alteração, fraturamento, saturação, identificação litológica, sem a necessidade de escavações físicas (BRAGA, 2007).

Da Lei de Ohm, define-se que a relação entre a resistividade (ρ) e a resistência (R) de um condutor homogêneo é dada pela equação:

$$R = \rho L/S \text{ (ohms)}$$

Onde L é o comprimento e S a seção transversal do condutor. A magnitude ρ é um coeficiente que depende da natureza e do estado físico do corpo considerado e recebe o nome de resistividade. Pode-se definir a resistividade elétrica deste corpo como o produto da resistência elétrica por uma longitude, com unidade ohm.m:

$$\rho = R S / L \text{ (ohms.m)}$$

É uma medida da dificuldade que a corrente elétrica encontra na sua passagem em um determinado material.

Em um corpo tridimensional, a corrente elétrica não flui por um único caminho. Conectando uma bateria no solo, através de cabos e eletrodos, por dois pontos distantes um do outro, a condução da corrente elétrica assume o perfil de linha de fluxo de corrente, formando entre si linhas de equipotencial.

Em um semi-espaço, tem-se:

$$R = \rho \cdot r / 2\pi \cdot r^2 = \rho / 2\pi \cdot r$$

Substituindo em $V = R \cdot I$ (Lei de Ohm) resulta em:

$$V = \rho I / 2\pi \cdot r$$

Considerando o subsolo com uma resistividade constante, pode-se determinar a sua resistividade:

$$\rho = 2\pi \cdot r V / I$$

Onde:

V = potencial;

I = corrente;

ρ = resistividade

R = distância entre o eletrodo de corrente e o ponto no qual o potencial é medido.

Ao se conectar um cabo condutor de uma bateria a um eletrodo de corrente, pode-se medir o valor da intensidade de corrente (I) e, conectando um voltímetro a dois eletrodos, um localizado próximo ao de corrente e o outro mais afastado (distância r). Pode-se medir a diferença de potencial (ΔV), entre os dois locais (BRAGA, 2007).

O método elétrico consiste em injetar uma corrente (I), através de dois eletrodos (**A** e **B**) e medir a diferença de potencial (ΔV) entre outro par de eletrodos (**M** e **N**), de acordo com a figura 90, a qual também indica as linhas de fluxo de corrente e de equipotencial.

Devido à grande distância entre os dois eletrodos de corrente, na prática devem-se reduzir as distâncias entre os quatro eletrodos de corrente. Utilizam-se quatro eletrodos (**AMNB**).

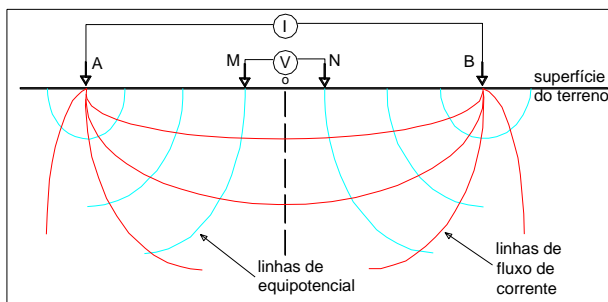


Figura 90 – Princípio do método elétrico.

Os arranjos constam de quatro eletrodos cravados na superfície do terreno. Um par de eletrodos serve para introduzir a corrente elétrica no subsolo (**AB**), enquanto que o outro par é utilizado para medir a diferença de potencial que se estabelece entre eles (**MN**), como resultante da passagem da corrente.

A determinação do potencial resultante deste campo elétrico criado ocorre pela introdução da corrente elétrica de intensidade I no subsolo, por meio dos eletrodos **A** e **B**. O potencial V gerado é medido por meio dos eletrodos denominados **M** e **N**.

Supondo que o meio investigado é homogêneo e isótropo, tem-se que o potencial no eletrodo **M** e **N** será dado por:

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right)$$

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)$$

A diferença de potencial medida no equipamento para determinada posição dos eletrodos **MN**, será:

$\Delta V_{MN} = V_M - V_N$, assim:

$$\Delta V_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

Pode-se então calcular o valor da resistividade ρ_a do meio investigado mediante as seguintes equações:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

Onde:

$$K = 2\pi \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

O fator **K** é puramente geométrico e depende da disposição dos eletrodos **A**, **B**, **M** e **N**.

A resistividade aparente (ρ_a) não é um parâmetro físico do meio, mas um efeito integrado sobre um segmento do semi-espaço, para o qual contribuem os valores da resistividade de cada ponto, a geometria elétrica do terreno e a disposição geométrica dos eletrodos.

O uso do método da eletrorresistividade no campo é baseado na capacidade do equipamento em introduzir uma corrente elétrica no subsolo a diferentes profundidades de investigação, e calcular as resistividades dos materiais geológicos a estas várias profundidades.

Polarização Induzida

O fenômeno conhecido como Polarização Induzida (*Induced Polarization* – **IP**) ocorre quando a corrente elétrica que circula no terreno é interrompida. A voltagem entre os eletrodos **M** e **N** não decai instantaneamente para zero (SUMMER, 1976). Durante o fluxo de corrente podem surgir concentrações de carga em várias partes do semi-espaço. Com a interrupção da corrente, as cargas elétricas tendem a retornar à sua posição original, enquanto o voltímetro continua a indicar um sinal fraco, permanecendo no terreno enquanto as concentrações de carga são dissipadas (LPGA, 2002). O IP é proporcional à densidade de corrente, devido às barreiras eletroquímica e eletrocinética criadas na interface entre o eletrodo e o meio circundante. Este método, de forma análoga a eletrorresistividade, possibilita a realização de sondagens e caminhamentos, utilizando várias configurações eletródicas.

Arranjo dipolo-dipolo

Os ensaios de tomografia elétrica 2-D foram realizados através do arranjo dipolo-dipolo (Figura 91), utilizando espaçamento entre os eletrodos de corrente (**AB**) e de potencial (**MN**) a cada 20 metros e seis níveis de investigação. Objetivaram a identificação de variações laterais e verticais da resistividade decorrentes de mudanças litológicas ou originadas pela presença da contaminação subterrânea.

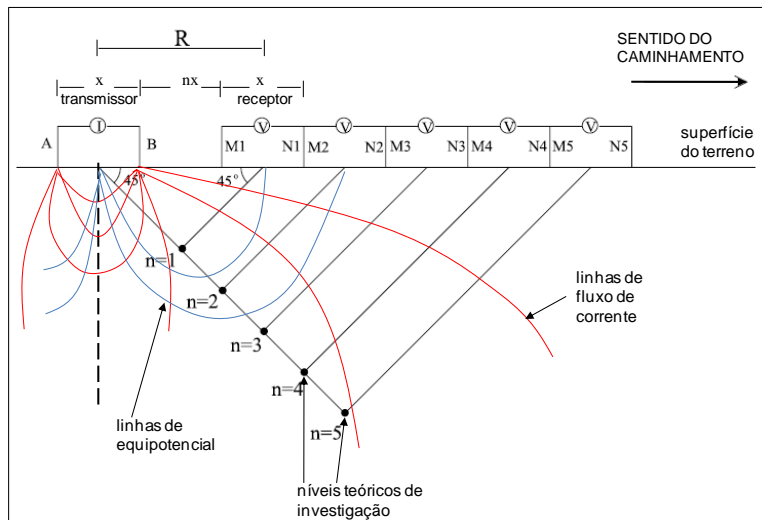


Figura 91: Esquema do arranjo dipolo-dipolo para a leitura da resistividade nas seções de tomografia elétrica 2D.

Para a aquisição do imageamento elétrico ou de polarização induzida, a fonte de corrente é denominada transmissor e os circuitos relacionados com os eletrodos de potencial como receptor. Os dados de resistividade aparente foram adquiridos pelo receptor ELREC Pro e transmissor VIP3000W (*Iris Instruments*), pertencente ao LPGA da UFPR. O processamento e a inversão dos dados foram realizados pelo programa *Zonge 2-D Inversion for Interactive™ IP da Geosoft/Interpex*, fornecendo as pseudoseções e os respectivos modelos de profundidade da resistividade real.

Os caminhamentos elétricos foram feitos ao longo dos perfis (picadas). Os eletrodos de corrente (**AB**) foram posicionados no início da linha e as leituras foram feitas através de pares sucessivos de eletrodos de potencial (**MN**), espaçados na mesma distância. O transmissor (**AB**) foi deslocado para a próxima seção, na mesma linha, e o procedimento repetido. Ao longo do perfil os valores foram medidos e desenhados. Em todos os perfis foram utilizados 7 níveis de investigação.

As posições do transmissor (**AB**) e do receptor (**MN**) são indicadas pelo primeiro e pelo segundo número, respectivamente. A posição do transmissor está relacionada a uma linha que parte do ponto médio entre os eletrodos de corrente, segundo um ângulo de 45°. Esta linha é interceptada por outras, também com inclinações de 45°, partindo do ponto médio de cada par de eletrodos de potencial.

As figuras 92 a 99 ilustram as atividades desenvolvidas nos trabalhos de campo.



Figura 92: Transmissor VIP3000W (*Iris Instruments*) (ERBE, 2010).



Figura 93: Cabo para caminhada (ERBE, 2010).



Figura 94: Colocação dos eletrodos ao longo dos perfis (ERBE, 2010).

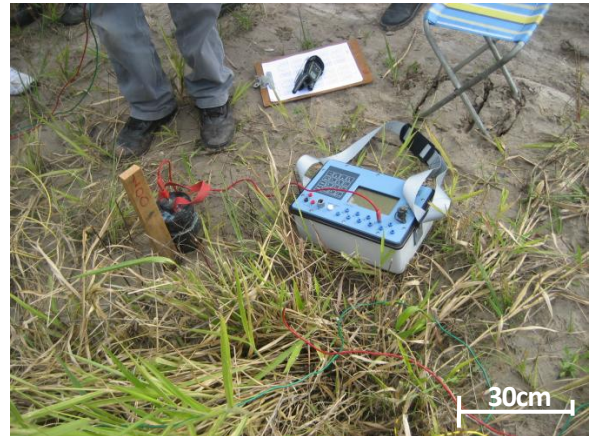


Figura 95: Receptor ELREC Pro (ERBE, 2010).



Figura 96: Caminhamento ao longo dos perfis (ERBE, 2010).



Figura 97: Início da L5, próxima à transportadora (ERBE, 2010).



Figura 98: Leitura e registro dos dados (ERBE, 2010).

| A: 20 | | | | A: 40 | | | | A: 60 | | | | A: 100 | | | | A: 120 | | | | A: 140 | | | | A: 160 | | | | | | | |
|-------|----------|--------|----------|-------|----------|---------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|---------|----------|---|----------|---------|--------|
| n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | n | k | Vp | ρ_a | | | | |
| 1 | 376.98 | 35.022 | 6.632 | 1 | 376.98 | 102.489 | 11.024 | 1 | 376.98 | 38.825 | 2.33 | 1 | 376.98 | 53.185 | 16.05 | 1 | 376.98 | 57.812 | 16.348 | 1 | 376.98 | 72.812 | 16.348 | 1 | 376.98 | 102.489 | 11.024 | 1 | 376.98 | 102.489 | 11.024 |
| 2 | 1507.93 | 12.228 | 16.222 | 2 | 1507.93 | 26.676 | 14.612 | 2 | 1507.93 | 9.819 | 2.33 | 2 | 1507.93 | 33.185 | 16.05 | 2 | 1507.93 | 37.812 | 16.348 | 2 | 1507.93 | 47.812 | 16.348 | 2 | 1507.93 | 102.489 | 11.024 | 2 | 1507.93 | 102.489 | 11.024 |
| 3 | 3769.82 | 6.812 | 16.222 | 3 | 3769.82 | 13.328 | 16.222 | 3 | 3769.82 | 4.903 | 2.449 | 3 | 3769.82 | 16.228 | 16.05 | 3 | 3769.82 | 18.185 | 16.348 | 3 | 3769.82 | 22.812 | 16.348 | 3 | 3769.82 | 102.489 | 11.024 | 3 | 3769.82 | 102.489 | 11.024 |
| 4 | 7539.64 | 3.403 | 16.222 | 4 | 7539.64 | 6.654 | 16.222 | 4 | 7539.64 | 2.451 | 2.33 | 4 | 7539.64 | 3.185 | 16.05 | 4 | 7539.64 | 3.488 | 16.348 | 4 | 7539.64 | 4.462 | 16.348 | 4 | 7539.64 | 102.489 | 11.024 | 4 | 7539.64 | 102.489 | 11.024 |
| 5 | 13194.37 | 1.702 | 16.222 | 5 | 13194.37 | 3.327 | 16.222 | 5 | 13194.37 | 1.225 | 2.33 | 5 | 13194.37 | 1.582 | 16.05 | 5 | 13194.37 | 1.782 | 16.348 | 5 | 13194.37 | 2.282 | 16.348 | 5 | 13194.37 | 102.489 | 11.024 | 5 | 13194.37 | 102.489 | 11.024 |
| 6 | 21110.98 | 1.102 | 16.222 | 6 | 21110.98 | 2.074 | 14.128 | 6 | 21110.98 | 0.782 | 2.33 | 6 | 21110.98 | 1.024 | 16.05 | 6 | 21110.98 | 1.188 | 16.348 | 6 | 21110.98 | 1.582 | 16.348 | 6 | 21110.98 | 102.489 | 11.024 | 6 | 21110.98 | 102.489 | 11.024 |

Figura 99: Planilha de campo (ERBE, 2010).

7 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

As águas pluviais e subterrâneas contribuem para a formação das águas superficiais e funcionam como um solvente em contato com outros materiais. Como resultado, esta água naturalmente contém dissolvidos cátions e ânions, bem como alguns materiais inorgânicos não iônicos. Situados próximo a uma região que passa por um processo de impacto ambiental negativo, os cursos de água podem possuir características tóxicas e se apresentarem impróprios para a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, ou mesmo proibitivos para a aquicultura e consumo de animais e peixes que ali habitam.

A legislação federal brasileira para a classificação dos corpos de água objetiva controlar o lançamento ao meio ambiente de poluentes e proíbe o lançamento de materiais tóxicos em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida. Através de análises físico-químicas pode-se realizar a classificação das águas e avaliar seus níveis de qualidade de modo a assegurar seus usos preponderantes (CONAMA, 2005a). O lançamento de poluentes aos corpos de água oriundos de águas subterrâneas também deve ser avaliado, pois, seja pela ação do homem ou da natureza, desvios podem ocorrer.

Para atenderem ao disposto no CONAMA (2005a) os laboratórios dos órgãos competentes devem estar estruturados. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações de substâncias tóxicas nas águas, é orientado que os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias. Bioensaios comumente empregados avaliam o fator de toxicidade para *Vibrio fischeri* e, em sistema estático em laboratório, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

Além dos ensaios regulamentados a pesquisa avaliou a possibilidade de danos em cordões de DNA em peixes lambaris (*Astyanax spB*) expostos em água de córrego e lagoa próxima a vala séptica. Foram realizados o *Alkaline comet assay* e *Piscine Micronucleus Test*.

7.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS PONTOS CÓRREGO E LAGOA PRÓXIMOS A VALA SÉPTICA

7.1.1 Análises físico-químicas e microbiológicas

Os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas foram confrontados com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005a) para o enquadramento e classificação de corpos de água para rios Classe 2.

A tabela 15 apresenta os parâmetros que ultrapassaram estes limites. A tabela 16 apresenta os parâmetros que impossibilitaram uma análise mais aprofundada devido aos limites de detecção dos equipamentos analíticos.

Tabela 15: Parâmetros que ultrapassaram os limites do CONAMA (2005a) - rios Classe 2 – ponto córrego e lagoa.

| PARÂMETROS | | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA | CONAMA (2005a) - rios Classe 2 |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|-------------|--|
| Alumínio | mg/L | 4,83 | 4,77 | Alumínio dissolvido 0,1 mg/L Al |
| Manganês | mg/L | 1,1 | 0,63 | Manganês total 0,1 mg/L Mn |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | mg/L | 16,88 | 17,98 | DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂ |
| Sulfeto | mg S ⁻² /L | < 0,05 | 0,8 | Sulfeto (H ₂ S não dissociado) 0,002 mg/L S |
| Condutividade ⁽¹⁾ | µS/cm | 204 | 304 | - |
| Fenol | mg/L | 0,002 | 0,006 | Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) 0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH |
| Contagem de Coliformes totais | NMP/100mL | 2,8 X 1000 | 2,4 x 1000 | 1000 Coliformes termotolerantes/100mL |
| Contagem de <i>Escherichia coli</i> | NMP/100mL | 6,0 X 10 | 2,8 x 10 | - |

(1) Em água pura, um equipamento sensível pode detectar uma ligeira condutividade elétrica de $4,2 \cdot 10^{-2}$ µS/cm a 25°C (FENZL, 1988).

Tabela 16: Parâmetros não avaliados devido ao limite de detecção do método analítico

| PARÂMETROS | | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA | CONAMA (2005a) rios Classe 2 | MÉTODO ANALÍTICO |
|--------------------------|-------|---------------|-------------|---|---------------------------------------|
| Cádmio | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | Cádmio total 0,001 mg/L | AOAC (2005) |
| Chumbo | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | Chumbo total 0,01 mg/L | AOAC (2005) |
| Níquel | mg/L | < 0,05 | < 0,05 | Níquel total 0,025 mg/L | AOAC (2005) |
| Fósforo Total | mg /L | - | < 0,05 | Fósforo Total até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos. | STANNOUS Chloride Method (2005) |
| Clorofórmio | mg/L | < 2,0 | < 2,0 | Obs: trihalometanos de até 0,1 mg/L - POTABILIDADE DA ÁGUA. | DPD Ferrous Titrimetric Method (2005) |
| Dicloroetano | mg/L | < 2,0 | < 2,0 | 1,1-Dicloroetano 0,003 mg/L | DPD Ferrous Titrimetric Method (2005) |
| Tetracloroeto de Carbono | mg/L | < 2,0 | < 2,0 | Tetracloroeto de carbono 0,002 mg/L | DPD Ferrous Titrimetric Method (2005) |
| Tricloroetano | mg/L | < 4,0 | < 4,0 | Tricloroetano 0,03 mg/L | DPD Ferrous Titrimetric Method (2005) |

7.1.2 Bioensaio com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*

A tabela 17 apresenta a avaliação da toxicidade feita através do bioensaio com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* (Cladocera, Crustacea) (No anexo 6 está apresentado o laudo completo).

Tabela 17: Avaliação da toxicidade de águas superficiais através de bioensaio com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*

| PARÂMETROS | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA | CONAMA (2005a) - rios Classe 2 |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | FT _B = 2 | FT _B = 4 | Limite de detecção 1 FT _B – menor diluição da amostra em que não se observa efeito significativo de inibição de luminescência do organismo indicador. |
| Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | CE ₂₀ = 63,08% | CE ₂₀ = 32,42% | Concentração efetiva da amostra inibidora de 20% da luminescência do organismo indicador. |
| Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | CE ₅₀ = NA | CE ₅₀ = NA | A amostra pura apresentou inibição de luminescência inferior a 50%. |
| Toxicidade aguda para <i>Daphnia magna</i> – CE(I) ₅₀ : 48h | FTd = 1 | FTd = 1 | A maior concentração testada não provocou imobilidade dos organismos (FTd = 1). |
| Taxa de imobilidade | < 10% | < 10% | |
| Toxicidade aguda para <i>Daphnia magna</i> – sensibilidade ao Dicromato de Potássio | CE(I) ₅₀ : 24h = 0,12 mg/L | CE(I) ₅₀ : 24h = 0,12 mg/L | Máximo 0,26 mg/L. |

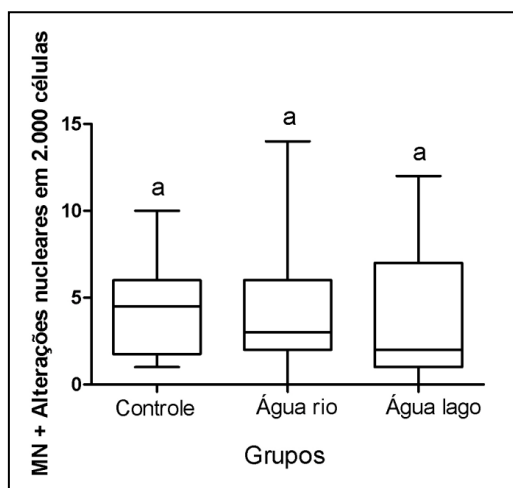
7.1.3 *Micronucleus Pisceo Test*

No *Micronucleus Pisceo Test*, aplicando o método estatístico de Kruskal-Wallis (1952) não foi verificada diferença entre os grupos ($p = 0,6635$). Porém, a mediana do grupo controle foi igual a 2, inferior às medianas das alterações nucleares dos grupos expostos. Mediana de 4,5 para água do córrego e mediana de 3,0 para a água da lagoa, indicando que possivelmente o tempo tenha sido curto para provocar mais danos ao DNA (Tabela 18).

Tabela 18: *Micronucleus pisceo test*

| MICRONUCLEUS TEST | CONTROLE NEGATIVO | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| $\mu \pm ds$ | 4,22 \pm 2,49 | 4,47 \pm 4,32 | 3,87 \pm 3,94 |
| Mediana / Q1- Q3 | 4,5 / 2,25 – 6,0 a | 3,0 / 2,0 – 6,0 a | 2,0 / 1,0 – 6,5 a |

A figura 100 apresenta a correlação entre os grupos expostos na água de controle, água do córrego e água da lagoa no *Micronucleus Pisceo Test*.

Figura 100: *Micronucleus Pisceo Test* - grupos expostos na água de controle, do córrego e da lagoa.

7.1.4 Alkaline comet assay

Através do ensaio cometa com células de sangue, foi verificado que os espécimes expostos a água do córrego, bem como os expostos a água da lagoa apresentaram aumento nos danos ao DNA quando comparados aos exemplares controles negativos ($p=0$ em ambas as comparações), entretanto, não foi observada diferença significativa entre os dois locais amostrados ($p=0,8117$ na comparação dos danos entre exemplares expostos a água do córrego e água da lagoa) pela análise sugerida por Kruskal-Wallis (1952) (Tabela 19).

Tabela 19: Alkaline Comet assay

| COMET ASSAY | CONTROLE NEGATIVO | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| $\mu \pm ds$ | $74,4 \pm 36,24$ | $146,65 \pm 21,99$ | $149,47 \pm 26,73$ |
| Median / Q1- Q3 | 89 / 50-96,5 a | 145 / 132-161b | 147 / 131-170,5b |

A figura 101 apresenta a correlação entre os grupos expostos na água de controle, água do córrego e água da lagoa no *Alkaline comet assay*.

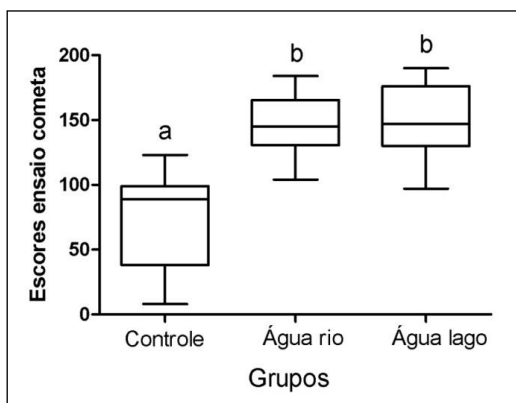


Figura 101: Alkaline comet assay - grupos expostos na água de controle, do córrego e da lagoa.

7.2 RISCOS ASSOCIADOS AOS PARÂMETROS QUE ULTRAPASSARAM OS LIMITES DA LEGISLAÇÃO FEDERAL BRASILEIRA

A água subterrânea naturalmente pode conter ânions e íons como: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , PO_4^{2-} , SO_4^{2-} , NO_2^- e F^- e sólidos dissolvidos em concentrações superiores a 500.000mg/L (FETTER, 1992). Como gases dissolvidos podem estar inclusos nitrogênio, dióxido de carbono, metano, oxigênio e sulfeto de hidrogênio, além de vários outros íons em menor quantidade. Muitos materiais, como flúor, cloro e bromo são encontrados naturalmente nestas águas, podendo inclusive formar complexos com cátions dissolvidos no meio. Cuidados com a saúde pública devem ser considerados quando da constatação destes elementos no solo ou águas subterrâneas, pois cada elemento químico tem uma taxa de tolerância e trazem conseqüências muitas vezes irreversíveis.

Os tipos de efeitos para a saúde de elementos tóxicos, associados ou não à exposição de um material de origem natural e potencialmente tóxico dependem da intensidade e duração da exposição, os caminhos pelos quais a exposição ocorre (inalação, ingestão, absorção percutânea), o grau em que estes materiais são dissolvidos nos fluidos do corpo para uma

determinada via de exposição e como as toxinas potenciais são tratados no corpo, incluindo absorção, distribuição, metabolismo e eliminação (PLUMLEE & ZIEGLER, 2007).

Segue uma avaliação dos riscos associados aos parâmetros que ultrapassaram os limites do CONAMA (2005a), nas águas do córrego e lagoa próximos à vala séptica.

Alumínio

O alumínio (Al) é um mineral comum formador de rochas, insolúvel na forma de silicato e torna-se potencialmente solúvel na forma de hidróxido. É um elemento pouco móvel e sub-representado nas águas subterrâneas. Teores acima de 1mg/L são raros e somente em condições de pH<4 podem-se encontrar teores acima de 10mg/L nas águas subterrâneas (FENZL, 1988). Nos pontos amostrados os teores de alumínio foram de 4,77 e 4,83mg/L, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para rios Classe 2 é de 0,1mg/L. Estes teores elevados se justificam pela concentração elevada de ferro: 2,8mg de Fe/L para o ponto lagoa e 2,51mg de Fe/L para o ponto córrego, o qual estimula a dissolução do alumínio (FENZL, 1988).

O alumínio é considerado um metal não essencial para o homem e tóxico quando em excesso. Efeitos à saúde humana associados com a sua ingestão e inalação estão a Osteomalacia (amolecimento dos ossos) e os efeitos neurotóxicos, que incluem: emaranhados neurofibrilares, mudanças comportamentais, possível causador da doença de Alzheimer e de algumas síndromes de demência humana (PLUMLEE & ZIEGLER, 2007). O trabalho realizado por Lankoff *et al.* (2006) denominado “*A comet assay study reveals that aluminium induces DNA damage and inhibits the repair of radiation-induced lesions in human peripheral blood lymphocytes*” comprovou dano ao DNA do sangue humano e auto-destruição celular - apoptose após uma exposição por 72h de 2, 5, 10 e 25mg/L de cloreto de alumínio.

Manganês

O manganês (Mn) está comumente presente em muitos tipos de depósitos minerais e possui pequena mobilidade geoquímica. Teores acima de 0,05mg/L de Mn prejudicam o uso de águas subterrâneas (FENZL, 1988). Nos pontos amostrados os teores de Manganês foram de 0,63 e 1,1mg/L, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para rios Classe 2 é de 0,1mg/L. Sendo um elemento químico essencial é necessário um consumo entre 1 a 5mg de manganês por dia. Esta quantidade é obtida através de alimentos. A deficiência de manganês está associada com efeitos para a saúde como as deformidades ósseas e disfunção testicular. Seu excesso, através da inalação e exposição aguda, pode ocasionar pneumonia. A exposição crônica leva ao Manganismo e outras desordens neurológicas e psíquicas. A ingestão de excesso de manganês leva a cirrose hepática (PLUMLEE & ZIEGLER, 2007).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

Para medir o consumo de oxigênio na água utiliza-se o parâmetro DBO. A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para consumir toda a matéria orgânica contida em uma água. As águas subterrâneas contêm geralmente menos de 1ppm DBO/L e valores acima de 1ppm indicam poluição (FENZL, 1988). Nos pontos amostrados a DBO 5 dias a 20°C foi de

17,98 e 16,88mg/L, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para rios Classe 2 é de 5mg/L O₂.

Sulfeto

O sulfeto é a combinação do enxofre (estado de oxidação -2) com um elemento químico ou um radical. Compostos covalentes do enxofre, como o dissulfeto de carbono (CS₂) e o sulfeto de hidrogênio (H₂S) são considerados sulfetos, mas a maioria dos sulfetos são metálicos e tóxicos por inalação ou ingestão. O H₂S é um gás tóxico para peixes e outros organismos vivos da água (FENZL, 1988). Os compostos H₂S e HS⁻ formam na água, juntamente com os metais pesados, compostos dificilmente solúveis e que precipitam rapidamente. Nos pontos amostrados o sulfeto, medido em mg S⁻²/L foi de 0,8 e < 0,05, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para rios Classe 2 é de 0,002mg/L Sulfeto (H₂S não dissociado).

Condutividade

A maioria das substâncias dissolvidas em água dissocia-se em íons que podem conduzir corrente elétrica. A condutividade elétrica (C) indica a quantidade de material dissolvido em água e é expressa em mho.m⁻¹ ou o Siemens (S) por cm³ a 25°C. É um valor recíproco da resistividade elétrica (HEATH, 1982). As concentrações iônicas em águas naturais são tão baixas, que são referidas em µS (microsiemens, 10⁻⁶ S). A água destilada comum tem uma condutividade de 0,5 a 5µS.cm⁻³. Nos pontos amostrados a condutividade a 25°C foi de 304 e 204µS/cm³, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que em água pura, um equipamento sensível pode detectar uma ligeira condutividade elétrica de 4,2.10⁻²µS/cm³ a 25°C (FENZL, 1988).

Fenol

O fenol (C₆H₅OH) é pouco solúvel ou insolúvel em água. Numerosos compostos fenólicos já afetam sensivelmente as propriedades organolépticas a partir das concentrações de 2µg/L. Após a cloração ou desinfecção da água, a remoção do fenol é dificultada. Os clorofenóis formados levam a efeitos carcinogênicos se consumidos por período prolongado. O limite sugerido pela Organização Mundial da Saúde - OMS é de 0,001mg/L (FENZL, 1988). Nos pontos amostrados o teor de fenol foi de 0,006 e 0,002mg/L, respectivamente para o ponto lagoa e córrego, sendo que o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para rios Classe 2 é de 0,003mg/L de fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina).

Contagem de coliformes totais e contagem de *Escherichia coli*

O CONAMA (2005a) para rios Classe 2 estabelece que para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA N°274 (CONAMA, 2001). Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Nos pontos amostrados a contagem de coliformes totais (NMP/100mL) foi de 2.400 e 2.800 e a contagem de *Escherichia coli* (NMP/100mL) foi de 28 e 60 respectivamente para o ponto lagoa e córrego.

7.3 SENSIBILIDADE DO *MICRONUCLEUS PISCEO TEST*, *COMET ASSAY* E BIOENSAIOS *VIBRIO FISCHERI* E *DAPHNIA MAGNA*

Micronúcleo são cromossomas totais ou parciais que não foram incorporados ao núcleo filho durante a divisão celular. Aparecem como estruturas escuras, pequenas e redondas, com aparência idêntica ao núcleo da célula (BOMBAIL *et al.*, 2001). Vários autores (HOOFTMAN & DE RAAT, 1982; HOSE *et al.*, 1987) sugeriram que as variações na forma de um núcleo pode representar uma abordagem alternativa para a detecção de uma ação nociva que afeta a integridade de uma célula de material genético - genotoxicidade. Apesar do fato de que existe uma correlação entre as alterações nucleares, os efeitos genotóxicos ainda não foi estabelecido. Observações preliminares sugerem que tais alterações morfológicas pode ser uma manifestação dos efeitos de compostos químicos estranhos ao organismo ou sistema biológico - efeito xenobiótico (FERRARO *et al.*, 2004). As alterações nucleares observadas em grupos de 15 e 18 lambaris (*Astyamax spb*) expostos nas águas da lagoa e córrego foram respectivamente 3,0 e 4,5, sendo que a mediana do grupo de controle foi igual a 2 (Figura 102).

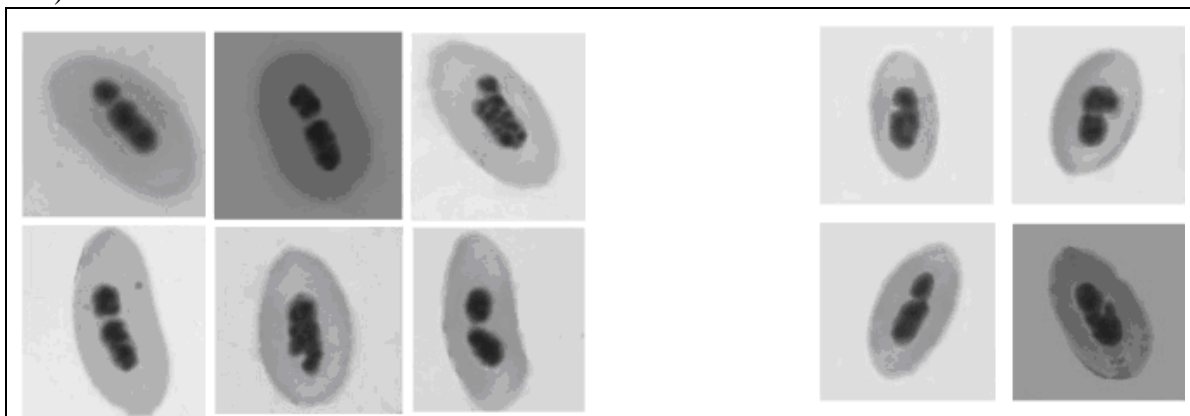


Figura 102: Alterações observadas pelo *Micronucleus Pisceo Test* oriundas da exposição nas águas da lagoa e córrego respectivamente.

O resultado observado no *Micronucleus Pisceo Test* pode ter ocorrido devido ao baixo número de peixes analisados, o que poderia levar a um erro no final da resposta da frequência de alteração nuclear, principalmente porque este método é menos sensível que o *Comet assay* (KIM & HYUN, 2006). Além disso, o teste do *Micronucleus Pisceo Test* pode ser considerado menos sensível, pois não detecta o disjunções mitóticas se não provocar perda cromossômica no anáfases nem aberrações cromossômicas causadas por rearranjo, como translocações e inversões, se essas mudanças não se originam fragmentos acêntricos (METCALFE, 1989). Além do baixo numero de peixes analisados, o período de 96 horas pode ter sido insuficiente para provocar mais danos ao DNA. A aplicação do *Micronucleus Pisceo Test* em amostras de sangue periférico é especialmente indicada para as condições de exposição crônica. O ensaio necessita da população de célula que sofre mitose, de modo que a duração do ciclo celular deve ser conhecida (UDROIU, 2006).

Vários estudos mostram que o *Comet assay* é realmente capaz de detectar danos no DNA causados por diferentes classes de compostos mutagênicos em peixes, atribuindo a alta sensibilidade do teste. Assim, o *Comet assay* é uma ferramenta importante para estudos de monitorização, pois mostra a genotoxicidade da exposição (BELPAEME *et al.*, 1998). Foi possível verificar, através do *Comet assay*, que ocorreram danos ao DNA dos peixes expostos em ensaio agudo de exposição durante 96 horas na água oriunda da lagoa e do córrego próximo à vala séptica. Foram observados danos de Classe II a IV, de acordo com a classificação de SPEIT & HARTMANN (1999).

Os peixes são um dos organismos mais indicados para o monitoramento de ambientes aquáticos (VAN DER OOST *et al.*, 2003). Havendo a ocorrência de danos ao DNA ou alterações no micronúcleo e a lesão não sendo reparada, terá início uma sucessão de danos biológicos: na célula, no órgão, no corpo do animal. Danos em DNA de animais aquáticos têm sido associados com a redução de crescimento, desenvolvimento anormal e redução da sobrevivência de embriões, larvas e adultos (LEE & STEINERT, 2003).

Este resultado sugere que as lesões em cordões de DNA foram produzidas por agentes físicos e químicos. A quebra de cordões de DNA pode estar relacionada diretamente com compostos genotóxicos, gerando a apoptose ou necroses.

O bioensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* apresentou resultados negativos para os dois pontos amostrados, não sendo observado efeito significativo de inibição de luminescência do organismo indicador.

Na avaliação de toxicidade aguda para o organismo teste *Daphnia magna*, não foi observada a concentração mínima que provoca 100% de imobilidade e a maior concentração testada não provocou imobilidade dos organismos.

Os resultados apresentados pelo *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* indicam que a qualidade da água do local, mesmo quimicamente comprovada como contaminada, apresenta-se em condições de uso, diferindo do observado nos bioensaios *Micronucleus Pisceo Test* e *Comet assay* realizados com peixes. Dessa forma, pode-se sugerir que ensaios com peixes, como o *Comet assay*, apresenta alta sensibilidade e é altamente indicado para se avaliar a qualidade de águas.

O risco associado aos parâmetros que ultrapassaram o que estabelece a legislação federal brasileira foi evidenciado através dos *Micronucleus Pisceo Test* e *Comet assay* quando se utilizou peixes como biomonitorios. Os bioensaios de toxicidade aguda *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* não evidenciaram o risco de toxicidade associados aos parâmetros de alumínio, manganês, DBO, sulfeto, condutividade, fenol, coliformes totais e contagem de *Escherichia coli* que se apresentavam acima do estabelecido.

7.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO PONTO ESSENCIS E PONTO TOSHIBA

Devido aos riscos associados aos parâmetros que ultrapassaram os limites da legislação federal brasileira na avaliação nos pontos córrego e lagoa, que sugeriu que as lesões em cordões de DNA dos peixes expostos nestas águas foram produzidas por elementos físicos e químicos, a pesquisa se estendeu a mais dois pontos de coleta de águas superficiais.

Os itens 7.4.1.e 7.4.2 apresentam as atividades principais das empresas ESSENCIS e TOSHIBA.

7.4.1 Central de Tratamento de Resíduos – ESSENCIS

A empresa ESSENCIS está localizada na CIC, Paraná, em uma área de 225 mil m². Sua infraestrutura operacional, aliada a um conjunto de sistemas de controle, objetiva a realização de suas atividades com segurança ambiental. Esta situada na Rua dos Palmenses, 4005. A parte Norte de seu terreno faz divisa com a parte Sudoeste da área da vala séptica de Curitiba, constituindo área de interesse para esta pesquisa (Figuras 103 e 104).

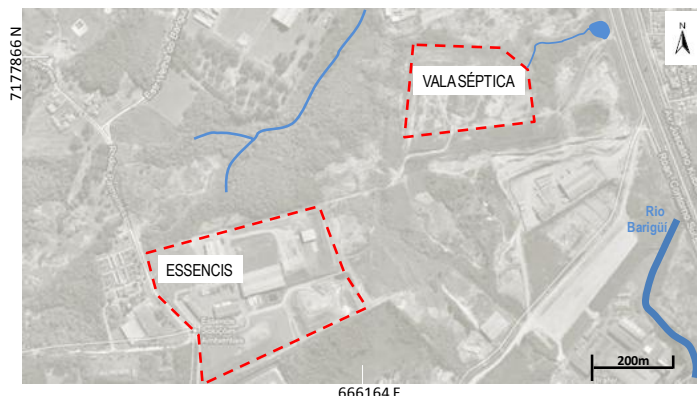


Figura 103: Essencis Soluções Ambientais S/A - Curitiba (GOOGLE, 2011).



Figura 104: Vista aérea da ESSENCIS (ESSENCIS, 2010).

A atividade principal da ESSENCIS é o tratamento e disposição de resíduos industriais perigosos, não inertes ou inertes (ABNT, 2004). Esta unidade está operando desde 1995 no tratamento de lodos de caixa de decantação ou sedimentação, embalagens contaminadas, escórias e borras de fornos, carepas, refratários, areias de fundição, entre outros. A partir de 2009, além da disposição de resíduos industriais, vem aterrando resíduos sólidos domiciliares urbanos em geral, não-passíveis de reciclagem ou compostagem, oriundos dos grandes geradores da Região Metropolitana de Curitiba. Adotando a técnica de confinamento total de resíduos, estes aterros possuem drenagem e tratamento de efluentes líquidos e gasosos e são monitorados (ESSENCIS, 2010).

7.4.2 Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda.

A TOSHIBA fabrica e fornece equipamentos para atender o mercado de geração de energia elétrica. No escopo de seus serviços está o fornecimento de soluções integradas nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Compreendem subestações, linhas de transmissão e sistemas de proteção, comando, controle e automação, além de execução de projeto, desenvolvimento, fabricação, montagem e testes de disjuntores, chaves seccionadores, painéis elétricos, conectores elétricos, cadeias de ferragens e acessórios (TOSHIBA, 2010).

A TOSHIBA está localizada na CIC, Paraná, na Rua Maria Lúcia Locher de Athayde, 10511. A parte Leste de seu terreno faz divisa com a parte Oeste da área da vala séptica de Curitiba, constituindo área de interesse para esta pesquisa (Figuras 105 e 106).

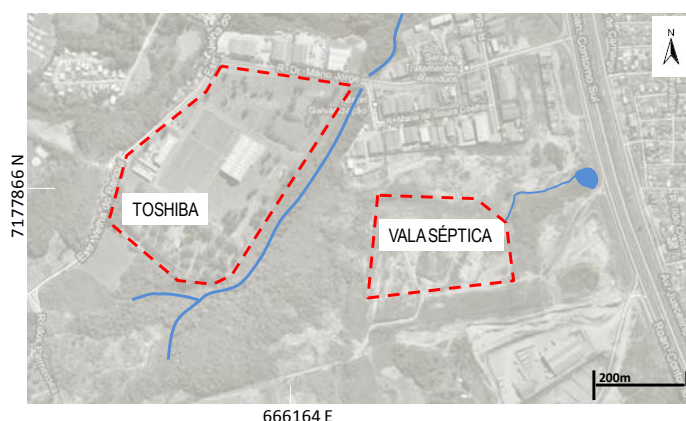


Figura 105: Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil LTDA (GOOGLE, 2011).



Figura 106: Vista aérea da TOSHIBA (IPPUC, 2010b).

7.4.3 Resultados da avaliação das águas superficiais - ponto ESSENCIS e ponto TOSHIBA

As águas superficiais do ponto ESSENCIS e ponto TOSHIBA foram amostradas com o acompanhamento da SMMA de Curitiba. Para a comparação e análise dos resultados foram avaliados os mesmos parâmetros do estudo do ponto do córrego e lagoa. Nos anexos 10 e 11 estão apresentados os laudos completos.

Os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas foram confrontados com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005a) para o enquadramento e classificação de corpos de água para rios de Classe 2 (Tabela 20).

Tabela 20: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos – ponto ESSENCIS, TOSHIBA e córrego.

| PARÂMETROS | CONAMA (2005a) rio Classe 2 | PONTO ESSENCIS | PONTO TOSHIBA | PONTO CÓRREGO |
|--|----------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alumínio (mg/L) | 0,1 | < 0,36 | 1,07 | 4,83 |
| Ferro (mg/L) | - | 0,53 | 0,79 | 2,51 |
| Manganês (mg/L) | 0,1 | 0,133 | 0,52 | 1,1 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) | 5 | 2,8 | 3,38 | 16,88 |
| Demanda Química de Oxigênio (mg/L) | - | 20,66 | 10,15 | 56,71 |
| Óleos e Graxas (mg/L) | - | 6,6 | 2,7 | 9,2 |
| Sólidos Totais (mg/L) | - | 347 | 106 | 171 |
| pH | 6,0 a 9,0 | 7,57 | 7,55 | 7,55 |
| Cloreto (mg Cl-/L) | 250 | 125,46 | 5,3 | 10,6 |
| Condutividade (µS/cm) | água pura = 0,055 µS/cm a 25 °C. | 725 | 165,7 | 204 |
| Fenol (mg/L) | 0,003 | 0,011 | 0,011 | 0,002 |
| Contagem de Coliformes totais (NMP/100mL) | 200 | 23.000 | 2.000 | 2.800 |
| Contagem de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) | - | 68 | 100 | 60 |

As análises físico-químicas e microbiológicas evidenciam que ocorre uma interferência antropogênica para o deterioramento da qualidade da água do córrego que margeia a área Oeste da vala séptica, área Norte da ESSENCIS e área Leste da TOSHIBA. Sugere ainda uma influência direta próxima ao ponto ESSENCIS, situado ao Sudoeste da vala (Figuras 107 a 108).

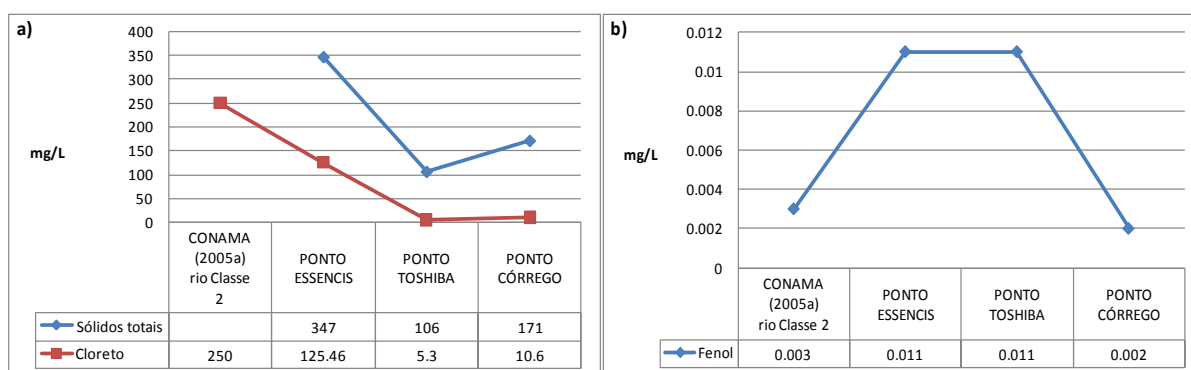


Figura 107: Concentração de sólidos totais e cloreto (a) e fenol (b) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego.

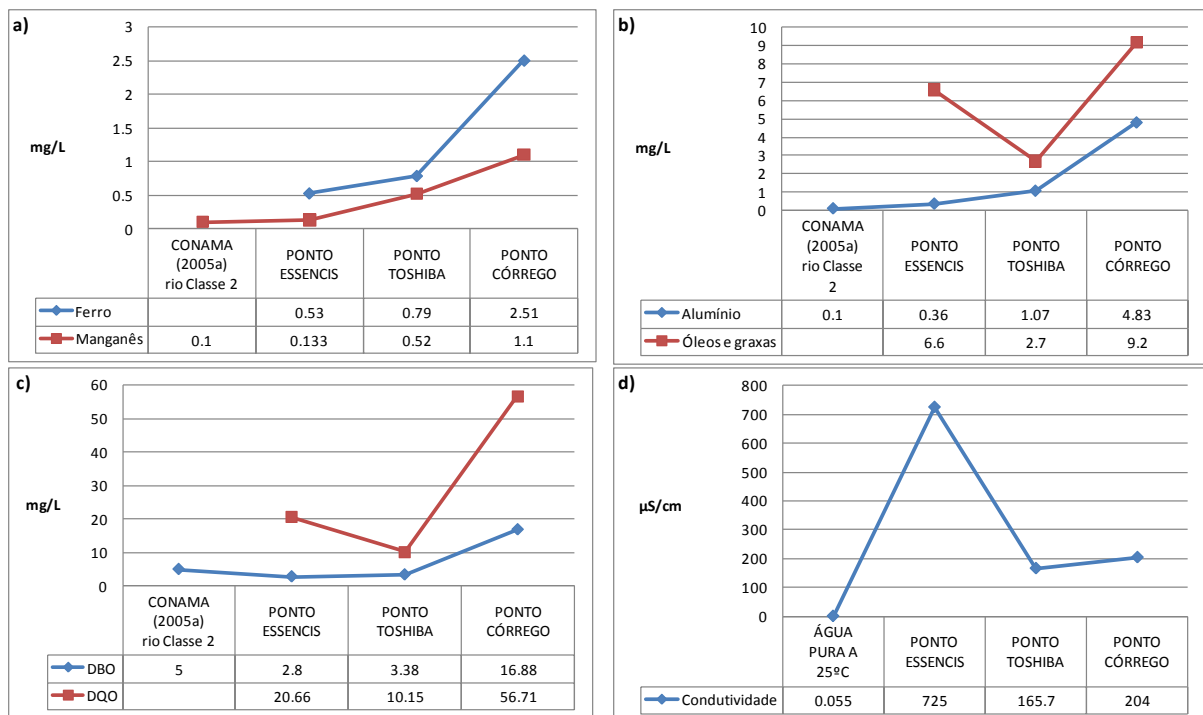


Figura 108: Ferro e manganês (a), alumínio e óleos e graxas (b), DBO e DQO (c) e condutividade (d) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego.

Para os parâmetros: alumínio, ferro, manganês, DBO, DQO e óleos e graxas, o impacto das águas do córrego é mais significativa pela contribuição do depósito de resíduos dos serviços de saúde. Observa-se que para o alumínio, todos os pontos ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a).

Os parâmetros microbiológicos - contagem de coliformes totais e contagem de *Escherichia coli* estão avaliados no item 7.5. Observa-se que o ponto córrego está distante 400m de sua nascente, podendo sugerir, em outras circunstâncias, que a sua classificação poderia ser a de um rio Classe 1. A figura 109 sintetiza os dados apresentados.



Figura 109: Parâmetros físico-químicos nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego (GOOGLE, 2011).

As análises sugerem que a contaminação que ocorre neste aflente do rio Barigüí é proveniente de águas superficiais e subterrâneas, já impactadas negativamente.

7.5 PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS EM ÁGUAS

Uma das preocupações no ambiente dos serviços de saúde está associada ao risco da infecção hospitalar (IH) ou infecção em serviços de saúde. Assistência domiciliar, hospitais de pacientes crônicos e clínicas de procedimentos ambulatoriais se deparam com complicação infecciosa relacionada à assistência prestada ao paciente em sua doença de base (MARANGONI & SANTOS, 2005).

De acordo com Fernandes (2000) *apud* Marangoni & Santos (2005) os primeiros hospitais já trouxeram para a população o medo de contrair doenças no seu interior e de morrer devido a estas doenças. Medidas de higiene foram gradativamente implantadas, como a limpeza do ambiente e lavagem das mãos, que é considerada ainda hoje (2011) a principal medida isolada de controle da IH e um dos maiores desafios das Comissões de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH).

A aplicação de antibióticos na profilaxia cirúrgica, considerada como uma assepsia interna, causa certo descuido com a medida de assepsia externa. A ocorrência crescente de infecção por *Staphylococcus aureus*, cada vez mais resistentes aos antibióticos, levou, a partir de 1990, à organização de equipes permanentes de CCIH que interagem com todos os setores do hospital. Atuam na administração, educação dos profissionais, aconselhamento aos médicos quanto ao uso de antibióticos, na vigilância sobre a potabilidade da água, na prevenção das infecções relacionadas aos procedimentos invasivos, na padronização de antimicrobianos, no controle de microorganismos multiresistentes e na prevenção da IH e acidentes com os profissionais de saúde. Apesar de todo o desenvolvimento da CCIH as IH ainda estão presentes em pacientes crônicos e imunodeprimidos, que frequentemente são multiinvasidos, o que aumenta a chance de complicação infecciosa (MARANGONI & SANTOS, 2005).

O estudo feito por Marangoni & Santos (2005) quantificou os patógenos causadores de infecção na corrente sanguínea e infecção do trato urinário ao cateter vesical em 10 hospitais de pacientes agudos do Rio de Janeiro (Tabela 21).

Tabela 21: Patógenos causadores de infecção na corrente sanguínea e infecção do trato urinário ao cateter vesical (MARANGONI & SANTOS, 2005).

| PATÓGENO | Unidades de Terapia Intensiva no Rio de Janeiro Jan/2000 a Set/2001 (%) | |
|---------------------------------|--|---|
| | Infecção na corrente sanguínea | Infecção do trato urinário ao cateter vesical |
| Estafilococo coagulase-negativo | 41,8 | - |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 14,5 | - |
| <i>Escherichia coli</i> | - | 28,2 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 10,6 | 20,2 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 8,9 | - |
| <i>Klebsiella spp.</i> | - | 12,9 |
| <i>Enterococcus sp.</i> | 8,2 | 13,6 |
| <i>Serratia marcescens</i> | 6,3 | - |
| <i>Acinetobacter baumannii</i> | 5,6 | - |
| <i>Enterobacter sp.</i> | 4,0 | - |
| <i>Cândida spp.</i> | - | 25,1 |

O risco de contágio nos estabelecimentos de saúde é maior quando o diagnóstico não é determinado imediatamente. São infecções frequentes a Hepatite “B”, *Cytomegalovirus* (CMV), Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS), rubéola, meningite, difteria, *Herpes simplex*, *Varicella zoster*, febre tifóide, gastroenterite infecciosa, parotidite, queratoconjuntivite epidêmica e infecções respiratórias por vírus, além das doenças originadas pelo *Staphylococcus aureus*: *Escherichia coli*, *Salmonellae*, *Streptococcus*, *Pseudomonas* e *Proteus*. Como medida preventiva alguns hospitais têm vacinado todos os funcionários contra a Hepatite “B”. O problema persiste para as doenças que não possuem vacina, como a Hepatite “C” (ERBE, 2001).

São conhecidas algumas bactérias passíveis de veiculação através da água. São elas: salmonela, Shiguela, vibrião colérico, *Escherichia coli* enterotoxigênica e enterohemorrágica, *Campilobacter* e *Yersinia* (Quadro 14).

Quadro 14: Agentes patogênicos transmitidos pela água (GUNTHER, 1996 *apud* LEÃO, 2010).

| AGENTE | HISTORICAMENTE | RECENTEMENTE |
|--------------|--|--|
| Bactérias | <i>Shiguelia</i> <i>Salmonella</i> <i>Salmonella typhi</i> <i>Vibrio cholerae</i> | <i>E.coli</i> enterotoxigênica <i>E.coli</i> enterohemorrágica <i>Campylobacter fetus jejuni</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> |
| Protozoários | <i>Giardia lamblia</i> <i>Entamoeba histolytica</i> | <i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Cyclospora</i> |
| Vírus | Hepatite A | Vírus do tipo Norwalk Rotavírus |

O quadro 15 apresenta as vias de transmissão de doenças nas quais os cuidados devem ser intensificados.

Quadro 15: Doença adquirida x via de transmissão (IUK-FREIBURG, 1996) (Tradução da autora).

| DOENÇAS | TRANSMISSÍVEIS POR |
|--|---|
| Desintéria | Fezes. |
| Brucelose | Sangue, pus, leite materno. |
| Cólera | Fezes, vomito. |
| Difteria | No local: secreção respiratória, secreção da ferida. |
| <i>Jakob-Creuzfeld-</i> (degeneração do sistema nervoso central) | Tecido, secreção da coluna. |
| Lepra | Secreção do foco de infecção, pus. |
| Febre aftosa | Secreção do foco de infecção, pus. |
| Meningite | Sangue, fezes, secreção da coluna, secreção do nariz e garganta. |
| Meningo encefalomielite | Sangue, fezes, secreção da coluna, secreção do nariz e garganta. |
| Baceira/ esplenite | No local: secreções respiratórias, secreção do foco de infecção, fezes. |
| Salmonela do tipo A,B e C | sangue, urina, fezes, bñlis, vomito e pus; |
| Peste | No local: secreções respiratórias, secreção do foco de infecção, fezes. |
| Poliomielite | Fezes, secreções respiratórias. |
| Febre-Q | Secreções respiratórias, sangue, pelo ar (pó). |
| <i>Rotz</i> | Pus, secreção de nariz e garganta, secreção da tosse. |
| Raiva | Secreções respiratórias, saliva, lagrima. |
| Tuberculose | No local: secreções respiratórias, pus, urina, secreção da coluna, fezes, sangue, secreções genitais. |
| Tularamia (peste da Lebre) | Secreção da lesão, pus e sangue. |
| Tifo | Sangue, urina, fezes, bñlis, vomito, pus. |
| Febre hemorrágica | Sangue, urina, secreções respiratórias. |
| Hepatite B | Lixo contaminado com sangue de hemodiálise, sangue, secreções. |

Assim como o lançamento *in natura* do esgoto doméstico ao ecossistema, a água servida oriunda do estabelecimento de saúde deve ter um gerenciamento e tratamento adequado. Mesmo a captação e distribuição de água para estes estabelecimentos podem converter-se em reservatório e difusão de microorganismos, pois a água potável também pode não estar estéril (GOMES, 1995).

Presentes nas excretas ou águas servidas, o risco da contaminação biológica persiste (Quadro 16).

Quadro 16: Principais vírus encontrados em fezes humanas de indivíduo infectado (GOMES, 1995).

| GRUPO DE VÍRUS | DOENÇAS CAUSADAS |
|--|--|
| Poliovírus | Paralisia, meningites, febres |
| Echovírus | Meningites, diarréias, doenças respiratórias |
| Coxsackievírus A e B | Enfermidades diversas |
| Hepatite tipo A | Hepatite infecciosa |
| Vírus associados a gastroenterites (<i>Norwalk</i> , Rotavírus) | Diarréias |
| Reovírus, Adenovírus, Parvovírus | Enfermidades diversas |

7.6 MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS EM ÁGUAS DA ÁREA DO ENTORNO DA VALA SÉPTICA

A vala séptica de Curitiba, durante 16 anos disponibilizou resíduos oriundos dos serviços de saúde e dentre eles materiais com a possível presença de agentes biológicos e que podem apresentar risco de infecção pelas suas características de maior virulência ou concentração.

Resíduos com estas características são classificados pelo CONAMA (2005a) como grupo A (apresentado no item 3.4).

A fragilidade desta disposição ficou evidenciada pela presença exposição de materiais durante a movimentação de terra para a realização da canalização e direcionamento das águas pluviais da vala séptica ocorrido no início de 2010. Ficaram expostos bolsas transfusionais, kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, recipientes de sobras de amostras de laboratório, bolsas transfusionais e demais recipientes resultantes do processo de assistência à saúde (Figuras 110 a 113).



Figura 110: Resíduo aparente – exposto durante instalação de tubulação para drenagem (ERBE, 2010).



Figura 111: Resíduo aparente – exposto quando da movimentação de equipamento pesado na área (ERBE, 2010).



Figura 112: Resíduo aparente – exposto quando do início do projeto de execução de drenagem (ERBE, 2010).



Figura 113: Resíduo aparente (ERBE, 2010).

Esta fase do estudo pesquisou em águas superficiais da área do entorno do depósito de resíduos dos serviços de saúde a presença de patógenos causadores de infecção e suas implicações no meio ambiente. Foram avaliadas a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores, *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias heterotróficas.

Coliformes totais

Os coliformes totais representam as bactérias do grupo coliforme. São bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos. São capazes de se desenvolver, na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas. Podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. Embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo, a maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

As bactérias do grupo coliforme têm sido extensivamente utilizadas na avaliação da qualidade das águas desde o início da bacteriologia sanitária, marcada pela observação de Escherich em 1885, de que o *Bacillus coli* (*Escherichia coli*) poderia ser usado como indicador na avaliação da contaminação fecal da água. Até hoje é o parâmetro microbiológico básico, incluído nas legislações relativas a águas para consumo humano (CSET, 2010).

De acordo com a Portaria N° 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) que aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico. O CONAMA (2005a) estabelece que em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros de água. Para rios Classe 2 e para rios Classe 1 não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros de água.

Escherichia coli

A *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas. Produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β

glucoronidase. É considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

De acordo com a Portaria Nº518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) não é tolerado a presença de *Escherichia coli* na água para consumo humano. Já o CONAMA (2005a) determina que os limites em rios sejam estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Enterococos

Os enterococos, assim como os estreptococos e estafilococos são classificados como bactérias gram-positivas determinadas pela maior espessura de sua parede celular. Eram classificados anteriormente como estreptococos do Grupo D. Por serem anaeróbios facultativos, podem crescer em condições extremas e numa grande variedade de meios, incluindo solo, alimentos, água e em muitos animais. O seu principal *habitat* natural é o tubo digestivo dos animais, incluindo o do homem, onde representam uma porção significativa da flora normal. Por viver mais tempo na água do mar do que os coliformes, o enterococos é considerado pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos um indicador mais preciso de doenças transmitidas pelo contato com a água. As infecções por enterococos ocorrem em doentes internados, freqüentemente após cirurgia ou instrumentação. Os enterococos podem causar superinfecções em doentes internados, sob terapêutica antibiótica. As infecções por enterococos incluem: bacteremia, endocardite, sépsis neonatal, meningite (raro), infecções urinárias, de feridas, dos tecidos moles, de queimaduras e feridas cirúrgicas, infecções intra-abdominais e pélvicas. As infecções pélvicas são habitualmente mistas, causadas por enterococos e outros agentes patogênicos (AMBIENTE BRASIL, 2010).

A Portaria Nº518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) e o CONAMA (2005a) não determinam limites para enterococos.

Clostrídios sulfito redutores

O gênero *Clostridium* é composto de cerca de 150 espécies e estão amplamente distribuídos na natureza e são encontrados no solo, em vegetações, em sedimentos marinhos e no intestino do homem e de outros vertebrados, além de insetos. Poucas espécies são responsáveis por importantes infecções no homem e nos animais: *C. perfringens*, *C. clostridioforme*, *C. innocuum*, *C. ramosum*, *C. difficile*, *C. butyricum*, *C. cadaveris*, *C. septicum*, *C. tetani*, *C. botulinum*, *C. sordelli*, *C. histolyticum* e *C. novyi*. São definidos como bacilo Gram-positivos esporulados. Alguns são anaeróbios (*C. perfringens*), outros aerotolerantes (*C. tertium*) e outros não toleram o oxigênio (*C. haemolyticum* e *C. novyi*) (FERREIRA, 2005). São anaeróbicos obrigatórios. Suas células contêm endósporos que são resistentes ao calor e a muitas substâncias químicas (TORTORA, 2005).

O *Clostridium* causa destruição do tecido infectado. Libera moléculas específicas, como as exoenzimas, fosfolipase, hemolisinas, colagenases e proteases, que atacam os componentes dos tecidos animais, que causam a putrefação do tecido acompanhada pela produção de gás. A solução, neste nível, é a amputação da área afetada, caso contrário, a infecção tende a causar a morte. É o terceiro indicador de contaminação fecal de água. É destruído a temperaturas superiores a 121°C. Além disso, esta bactéria é a causa mais comum de pneumonia necrotizante, colecistite gangrenosa, sepse e outras infecções não-específicas. A infecção por *Clostridium perfringens* pode atacar o sistema nervoso central, ocasionando a meningite clostridioses, que normalmente se desenvolve de uma sepse clostridioses, mas também como

resultado de local trauma ou cirurgia. Mais raramente, casos de encefalite clostridioses foram relatados (GOMES, 2007). Algumas espécies são patógenos reconhecidos (Quadro 17).

Quadro 17: *Clostrídios* – patogênese e suas conseqüências (adaptado de FERREIRA, 2005).

| Clostrídios | PATOGÊNESE | MANIFESTAÇÃO CLÍNICA | EPIDEMIOLOGIA | TRATAMENTO |
|-----------------------|---|--|--|--|
| <i>C. tetani</i> | Introdução dos esporos em lesão. Chega ao sistema nervoso central e impede a liberação de neurotransmissores e glicina pelos neurônios levando a uma paralisia espástica. | Pode ser localizado ou generalizado. Período de incubação de dois a 14 dias. | O tétano ocorre em indivíduos do mundo todo. É considerado endêmico em muitos países. | Controle dos espasmos e da respiração. Neutralização da toxina livre. |
| <i>C. difficile</i> | Enterocolite. Seus esporos são resistentes ao pH ácido do estômago e são convertidos a formas vegetativas no intestino delgado. | A infecção varia desde a portador assintomático a fulminantes colites. | A maioria dos organismos que causa doença parece ser adquirida de fontes exógenas (objetos inanimados presente no ambiente hospitalar). | Terapia com antimicrobianos. |
| Clostrídios | PATOGÊNESE | MANIFESTAÇÃO CLÍNICA | EPIDEMIOLOGIA | TRATAMENTO |
| <i>C. perfringens</i> | <u>Gangrena gasosa</u> (Mionecrose): destrói músculos com toxicidade sistêmica. Desenvolve a infecção após traumas ou cirurgias, concomitante com outros agentes microbianos. | Baseia-se em sinais clínicos: edema intenso, descoloração dos tecidos, vesículas hemorrágicas, evidência de gás no tecido e na detecção laboratorial. | É a causa de 80% das mionecrose. | O tratamento imediato é essencial em função da alta taxa de mortalidade. Há possível resistência à penicilina e necessário a debridamento cirúrgico do tecido necrosado. |
| | <u>Toxi-infecção alimentar</u> : diarreias esporádicas. | Ocorre após a ingestão de alimentos contaminados com no mínimo 10^8 células produtoras de enterotoxina. O período de incubação pode variar de seis a 24h. | O tempo de geração do <i>C. perfringens</i> é de dez a 12 minutos, quando a temperatura do alimento é de 43 a 47°C. | Como medida preventiva é necessária a imediata refrigeração do alimento processado. |
| <i>C. botulinum</i> | <u>Botulismo infantil</u> <u>Botulismo clássico</u> <u>Botulismo de lesão</u> <u>Botulismo após colonização em adultos</u> | Manifesta-se como uma paralisia simétrica flácida, chegando a bloquear transmissões neurológicas e levar à morte por paralisia da musculatura envolvida na respiração. | Potencial para surtos de botulismo sempre existirá, especialmente nas zonas temperadas onde o inverno é longo e a preservação de alimentos é mais comum. | A prevenção do botulismo está baseada em métodos que inibam o crescimento bacteriano e a produção da toxina. |

A Portaria Nº518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) e o CONAMA (2005a) não determinam limites para clostrídios.

Pseudomonas aeruginosa

As *Pseudomonas* se constituem de bastonetes gram-negativos, classificadas como aeróbicas. Algumas são capazes de substituir o oxigênio por nitrato como o aceptor final dos elétrons, fornecendo tanta energia quanto a respiração aeróbica. São muito comuns no solo e em outros ambientes naturais. Uma das espécies, a *Pseudomonas aeruginosa*, sob certas condições, particularmente em hospedeiros enfraquecidos, pode infectar o trato urinário, queimaduras, feridas, causar infecções sanguíneas (septicemia), abscessos e meningite. Em hospitais e em outros locais em que agentes farmacêuticos são preparados, as *Pseudomonas* têm a habilidade de se desenvolverem com quantidades mínimas de fontes de carbono. São até capazes de crescer em alguns anti-sépticos, como compostos quaternários de amônio. Sua resistência à maioria dos antibióticos também tem sido uma fonte de preocupação médica. Muitas *Pseudomonas* podem crescer em temperaturas de refrigerador e, combinada com a sua habilidade de utilizar proteínas e lipídeos, contribui para que elas sejam participantes importantes da degradação de alimentos. As *Pseudomonas* são responsáveis por uma em cada dez infecções hospitalares, especialmente infecções em pacientes nas unidades de queimados e pessoas com fibrose cística (Quadro 18).

Quadro 18: Microorganismos envolvidos na maioria das infecções hospitalares (TORTORA, 2005)

| MICROORGANISMOS | PORCENTAGEM DE INFECCÕES TOTAIS | PORCENTAGEM RESISTENTE A ANTIBIÓTICOS | INFECCÕES CAUSADAS |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|--|
| <i>Staphylococcus aureus</i> , estafilococos coagulase-negativos, enterococos | 34% | 25 a 87% | Infecções do corte cirúrgico, pneumonia, sepse, infecções do trato urinário. |
| <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterobacter</i> <i>ssp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 32% | 3 a 34% | Pneumonia e infecções do corte cirúrgico. |
| <i>Clostridium difficile</i> | 17% | | Causa quase a metade de todas as infecções hospitalares. |
| Fungos (principalmente <i>Cândida albicans</i>) | 10% | | Sepse, infecções do trato urinário. |
| Outras bactérias gram-negativas (<i>Acinetobacter</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Haemophilus</i>) | 7% | | Infecções do trato urinário e em corte cirúrgico. |

A *Pseudomonas aeruginosa* e outras bactéria gram-negativas se tornam difíceis de serem controladas com antibióticos. Suas linhagens tornam-se parte da flora dos pacientes e da equipe hospitalar e ficam progressivamente mais resistentes à terapia com antibióticos. As pessoas tornam-se parte da cadeia de transmissão. Quando a doença, cirurgia ou trauma enfraquecem as defesas do hospedeiro, as infecções secundárias podem ser difíceis de tratar (TORTORA, 2005).

A Portaria Nº518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) e o CONAMA (2005a) não determinam limites para enterococos.

Bactérias heterotróficas

As bactérias heterotróficas incluem *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*,... São responsáveis pela formação de biofilmes, os quais fornecem proteção para microrganismos patogênicos contra a inativação por agentes desinfetantes, levando à contaminação das águas (TEIXEIRA & LEAL, 2002).

7.6.1 Resultado da análise dos parâmetros microbiológicos em águas superficiais da vala séptica de Curitiba

A tabela 22 apresenta o resultado da análise dos parâmetros microbiológicos: coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores, *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias heterotróficas em águas superficiais da área do entorno da vala séptica (Certificados de análise, anexos 11 e 12).

Tabela 22: Análise dos parâmetros microbiológicos em águas situadas na área de interesse do depósito de resíduos dos serviços de saúde.

| PARÂMETROS | | PONTO CÓRREGO | PONTO TOSHIBA | PONTO ESSENCIS | LAGOA | PERCOLADO DA VALA | RESIDÊNCIA NASCENTE 00 | RESIDÊNCIA NASCENTE 01 |
|--|---------------|------------------|------------------|-------------------|-------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Coliformes Totais | NMP/ 100mL | 2800 | 2000 | 23000 | 2400 | 2000 | >23 | >23 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/ 100mL | 60 | 68 | 100 | 28 | < 1,0 | >23 | 9,2 |
| Enterococos ⁽²⁾ | NMP/ 100mL | NA | NA | NA | NA | < 1,1 | NA | NA |
| Clostrídios sulfito redutores ⁽³⁾ | NMP/ 100mL | NA | NA | NA | NA | 11 | NA | NA |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ⁽⁴⁾ | NMP/ 100mL | NA | NA | NA | NA | 2 | <1,1 | <1,1 |
| Bactérias Heterotróficas ⁽⁵⁾ | UFC/ mL | NA | NA | NA | NA | NA | 310 | 310 |
| Coliformes termotolerantes ⁽⁶⁾ | NMP/ 100mL | NA | NA | NA | NA | NA | >23 | 9,2 |

NA – Não analisado; UFC – Unidade formadora de colônias.

(1) ENZIME substrate coliform test method 9223. APHA (2005).

(2) FECAL STREPTOCOCCUS and Enterococcus group method 9230, part 9000. APHA (2005).

(3) CETESB (1993).

(4) MULTIPLE-TUBE technique for *Pseudomonas aeruginosa* method 9213 F: part 9000. APHA (2005).

(5) SM 9215 A e B. APHA (2005).

(6) SM 9221 B/C e E. APHA (2005).

A figura 114 destaca o resultado dos parâmetros microbiológicos para os pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego. Em outras circunstâncias este córrego, afluente do rio Barigüí, poderia ser classificado como Classe 1 (CONAMA, 2005a).



Figura 114: Parâmetros microbiológicos nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego (GOOGLE, 2011).

As análises evidenciam a contaminação fecal da água pela contagem de coliformes totais, e indicam ainda em determinados pontos, a presença de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos pela contagem de *Escherichia coli*.

No ponto ESSENCIS foi detectado a contagem de 23000 NMP/100mL de coliformes totais e 100 NMP/100mL de *Escherichia coli*. No percurso do córrego, após a contribuição de um afluente, o ponto TOSHIBA apresentou a contagem de 2000 NMP/100mL de coliformes totais e 68 NMP/100mL de *Escherichia coli*. Aproximadamente em mais 40m do percurso, no ponto córrego, a contagem de coliformes totais foi de 2800 NMP/100mL e 60 NMP/100mL de *Escherichia coli* (Figura 115).

O impacto sofrido por este córrego evidencia que há a contribuição para a sua formação de águas superficiais e subterrâneas, já impactadas negativamente.

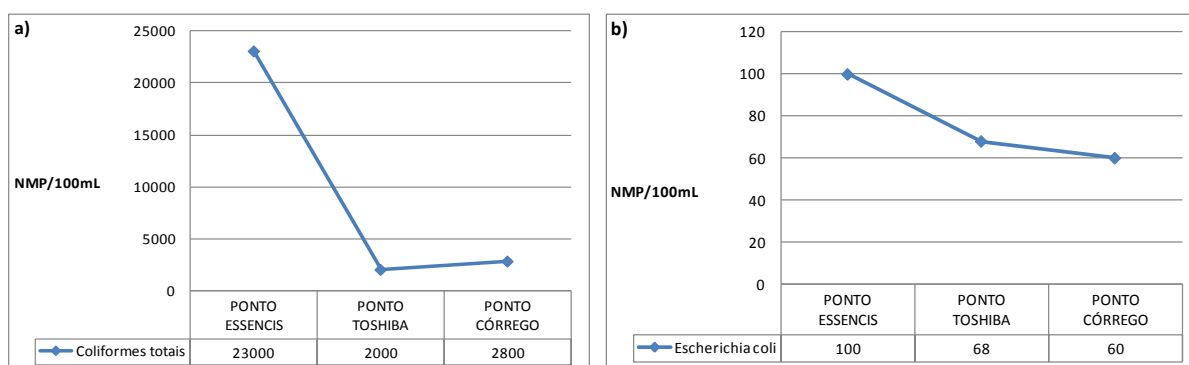


Figura 115: Contagem de coliformes totais (a) e *Escherichia coli* (b) nos pontos ESSENCIS, TOSHIBA e córrego.

A lagoa está a 200m ao Leste do depósito de resíduo hospitalar (Figura 116). A presença de microorganismos patogênicos detectados na análise desta água sugere a contribuição de material oriundo do depósito para a sua formação.



Figura 116: Parâmetros microbiológicos nos pontos LAGOA e PERCOLADO (GOOGLE, 2011).

Nas águas da lagoa foi constatada a presença de microorganismos patogênicos: coliformes totais e *Escherichia coli*. No percolado da vala estão presentes: coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e *Pseudomonas aeruginosa* (Figuras 117 e 118).

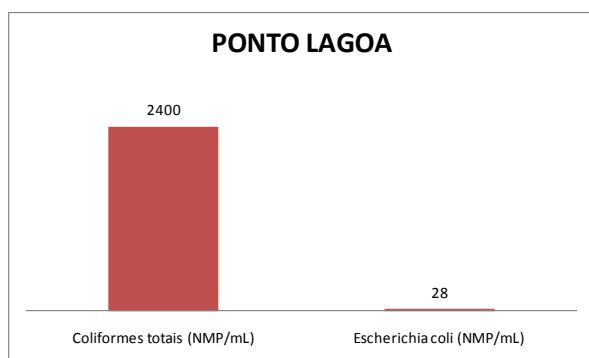


Figura 117: Contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* no ponto LAGOA.

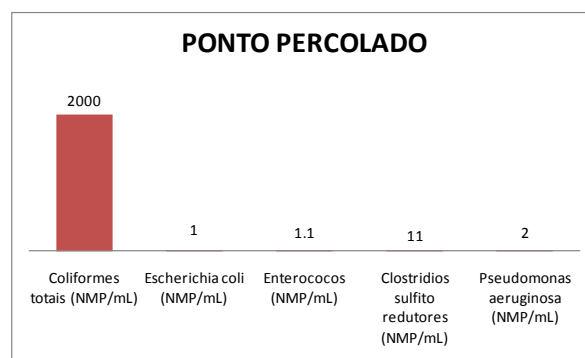


Figura 118: Contagem de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e *Pseudomonas aeruginosa* no ponto PERCOLADO.

Determinadas espécies de clostrídios são responsáveis por importantes infecções no homem e nos animais.

As *Pseudomonas aeruginosa* são responsáveis por uma em cada dez infecções hospitalares. São difíceis de serem controladas com antibióticos. Suas linhagens tornam-se parte da flora dos pacientes e da equipe hospitalar e ficam progressivamente mais resistentes à terapia com antibióticos.

Mesmo a vala não recebendo resíduos dos serviços de saúde há mais de cinco anos, os patógenos estão presentes e veiculando através de seu percolado. Observa-se que este percolado, oriundo da disposição dos resíduos dos serviços de saúde segue através da canaleta formada pela drenagem e encontra o rio Barigüí a menos de 500m.

Devido às características de construção da vala, sugere-se que estes contaminantes estejam em demais áreas e, pelas condições do relevo local há a possibilidade de estarem sendo carreados para fora da área de interesse.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005) determina que em uma amostra indicativa da água natural não deve ser constatada a presença de *Escherichia coli* ou coliforme (fecais) termotolerantes. Em 100mL deve apresentar ausência ou valores menor que 1 UFC ou menor que 1,1 NMP para coliformes totais, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* e clostrídios sulfito redutores ou *Clostridium perfringens*.

As análises feitas nas duas nascentes situadas ao sul da vala confirmam a presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias heterotróficas (Figuras 119 e 120).



Figura 119: Parâmetros microbiológicos nos pontos NASCENTE 00 e NASCENTE 01 (GOOGLE, 2011).

De acordo com a SMS de Curitiba, a indicação “>23” citada no laudo (Anexo 12), é o valor máximo apontado, significando que extrapolou a legislação e deve ser investigado.

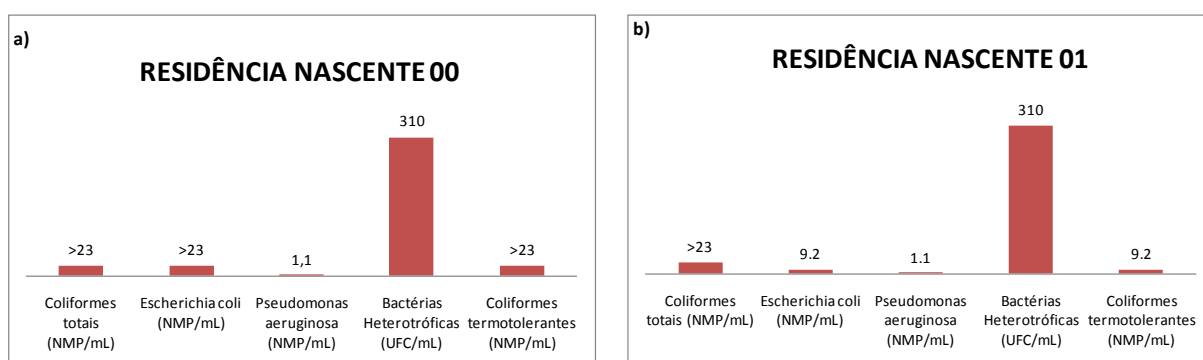


Figura 120: Contagem de coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes nos pontos NASCENTE 00 (a) e NASCENTE 01 (b).

Sugere-se uma ampliação da pesquisa para demais patógenos transmitidos pela água, podendo ser bactérias, protozoários ou vírus.

Faz-se urgente a implantação de um sistema de contenção, coleta e tratamento do percolato que atualmente segue para o rio Barigüí, oriundo do ponto percolato do depósito de resíduos dos serviços de saúde.

7.7 PADRÕES DE REFERÊNCIA NA LEGISLAÇÃO PARA MICROORGANISMOS PATOGENICOS

O CONAMA (2005b) que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde se aplica a todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal. Fazem parte desta relação:

- Os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo.
- Os laboratórios analíticos de produtos para saúde,
- Necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação),
- Serviços de medicina legal,
- Drogarias e farmácias inclusive as de manipulação,
- Estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde,
- Centros de controle de zoonoses,
- Distribuidores de produtos farmacêuticos,
- Importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro,
- Unidades móveis de atendimento à saúde,
- Serviços de acupuntura,
- Serviços de tatuagem, entre outros similares.

A segregação dos resíduos, no momento e local de sua geração, permite reduzir o volume de resíduos que necessitam de manejo diferenciado. Esta resolução classificou os resíduos em cinco grupos, sendo que ao Grupo “A” pertencem os resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Desta forma, quando de sua destinação devem atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e saúde ocupacional, sem prejuízo de responsabilização solidária de todos aqueles, pessoas físicas e jurídicas que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar degradação ambiental. Em especial os transportadores e operadores das instalações de tratamento e disposição final, nos termos da Lei Nº6.938, de 31 de agosto de 1981 (CONGRESSO NACIONAL, 1981).

Constituição Federal

A Constituição Federal (1988) e a Lei Nº6.938, de 31 de agosto de 1981, proíbem o lançamento no meio ambiente de poluentes em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

7.7.1 Padrões de lançamento de efluentes provenientes de despejos infectados com microorganismos patogênicos

O CONAMA (2005a) estabelece que além dos requisitos nela previstos e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Sendo assim, devem ser cumpridas as condições e padrões de lançamento de efluentes, visando à manutenção da qualidade do corpo hídrico superficial que o recebe. Para este enquadramento, os efluentes somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente nos corpos de água, após o devido tratamento.

Outras condições e padrões para torná-los mais restritivos, mediante fundamentação técnica, podem ser exigidas pelo órgão ambiental competente. Também pode ocorrer, em caso excepcional, a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos pelo CONAMA (2005a), desde que haja, dentre outros, atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias.

Considerações específicas são feitas para Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), os quais são vedados, nos efluentes, o lançamento dos POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo N°204, de 7 de maio de 2004 (SENADO FEDERAL, 2004).

Também são destacados os processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos, que deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Para tanto, são estabelecidas metas obrigatórias mediante parâmetros ou atender os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

No Art. 29 fica claro que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

O Art. 34 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

“§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes”.

Os padrões de lançamento de efluentes incluem valor máximo para parâmetros inorgânicos e orgânicos, não citando padrões de lançamento para despejos infectados com microorganismos patogênicos.

7.7.2 Parâmetros microbiológicos na classificação das águas

Quanto aos parâmetros microbiológicos na classificação das águas (CONAMA, 2005a), são estabelecidos limites para coliformes termotolerantes (Tabela 23).

Tabela 23: Limites na classificação das águas para coliformes termotolerantes (CONAMA, 2005a).

| CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS | COLIFORMES TERMOTOLERANTES ⁽¹⁾ | | |
|---|---|--|-----------------------------------|
| | Uso de recreação de contato secundário | Para dessedentação de animais criados confinados | Demais usos |
| Águas doces de classe 1 ⁽²⁾ | - | - | < 200 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas doces de classe 2 ⁽²⁾ | - | - | < 1.000 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas doces de classe 3 ⁽⁴⁾ | <2500 por 100 mL ⁽³⁾ | <1000 por 100 mL ⁽³⁾ | <4000 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salinas de classe 1 ⁽²⁾⁽⁵⁾ | - | - | <1.000 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salinas de classe 2 | - | - | <2500 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salinas de classe 3 | - | - | <4.000 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salobras de classe 1 ⁽²⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ | - | - | <1.000 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salobras de classe 2 | - | - | <2500 por 100 mL ⁽³⁾ |
| Águas salobras de classe 3 | - | - | <4000 por 100 mL ⁽³⁾ |

- (1) *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.
- (2) Uso de recreação de contato primário: Padrões de qualidade de balneabilidade, previstos no CONAMA (2001).
- (3) Em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.
- (4) Cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L.
- (5) Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentual 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras.
- (6) Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL.

O CONAMA (2001) determina que as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria (Tabela 24). Cita no seu artigo 5º que nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

Tabela 24: Padrões de referência para águas doces, salobras e salinas destinadas à recreação de contato primário (CONAMA, 2001).

| ÁGUAS CONSIDERADAS PRÓPRIAS | COLIFORMES FECAIS (TERMOTOLERANTES) | <i>Escherichia coli</i> | ENTEROCOCOS ⁽²⁾ |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Excelente ⁽¹⁾ | <250 / 100mL | <200 / 100mL | <25 / 100mL |
| Muito Boa ⁽¹⁾ | <500 / 100mL | <400 / 100mL | <50 / 100mL |
| Satisfatória ⁽¹⁾ | <1.000 / 100mL | <800 / 100mL | <100 / 100mL |

- (1) Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local.
- (2) Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

São passíveis de interdição os trechos em que ocorram acidentes de médio e grande porte, tais como: derramamento de óleo e extravasamento de esgoto, a ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas ou outros organismos e, no caso de águas doces. Salienta que ficam passíveis de interdição as águas que contenham a presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica (CONAMA, 2001).

7.7.3 Enquadramento das águas subterrâneas

O CONAMA (2008) dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Determina que os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento destas águas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente.

No mínimo, deverão ser considerados: sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes (Tabela 25).

Tabela 25: Padrões por classe para parâmetros mínimos obrigatórios, considerando o uso das águas subterrâneas para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação (CONAMA, 2008).

| Motivação da inclusão | Parâmetros selecionados passíveis de ser de origem natural | Padrões por classe ⁽¹⁾ concentração (µg.L-1) | | |
|---------------------------------|--|--|-------------------|----------------|
| | | Classes 1 e 2 (VRQ) | Classe 3 | Classe 4 |
| Parâmetros mínimos obrigatórios | Sólidos totais dissolvidos | Se VRQ<1.000.000 Classe 1 Se VRQ>1.000.000 Classe 2 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| | Coliformes termotolerantes | Ausentes em 100mL | Ausentes em 100mL | 4.000 em 100mL |
| | Nitrato (expresso em N) | Se VRQ<10.000 Classe 1 | 10.000 | 90.000 |

VRQ = valor de referência de qualidade.

(1) Considerando o uso da água: consumo humano (Classe 1), dessedentação de animais (Classe 2), irrigação (Classe 3) e recreação (Classe 4).

Na lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas e de acordo com o seu uso, está limitada a presença dos microorganismos *Escherichia coli*, enterococos e coliformes termotolerantes (Tabela 26).

Tabela 26: Valores máximos permitidos de microorganismos pela maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas (CONAMA, 2008).

| PARÂMETROS | USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|------------|
| | Consumo Humano | Dessedentação de animais | Irrigação | Recreação |
| <i>Escherichia coli</i> | Ausentes em 100mL | 200/100 mL | - | 800/100mL |
| Enterococos | - | - | - | 100/100mL |
| Coliformes termotolerantes | Ausentes em 100mL | 200/100 mL | - | 1000/100mL |

No CONAMA (2008) são determinados limites para parâmetros orgânicos, inorgânicos, agrotóxicos e detalha quanto as bifenilas policloradas (PCBs):

“Somatória de PCB 28 (2,4,4'-triclorobifenila - n°CAS 7012-37-5),
 PCB 52 (2,2',5,5'- tetraclorobifenila - n°CAS 35693-99-3),
 PCB 101 (4,4',5'-hexaclorobifenila - n°CAS 35056-28-2),
 PCB 153 (2,2',4,4',5,5'- hexaclorobifenila - n°CAS 3505-27-1) e
 PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'- heptaclorobifenila - n°CAS 35065-29-3)”.

7.7.4 Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade de uso obrigatório em todo território nacional. Determina que a água potável deva estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme o quadro 19.

Quadro 19: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

| PARÂMETRO | VMP ⁽¹⁾ |
|--|---|
| Água para consumo humano⁽²⁾ | |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾ | Ausência em 100mL |
| Água na saída do tratamento | |
| Coliformes totais | Ausência em 100mL |
| Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede) | |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾ | Ausência em 100mL |
| Coliformes totais ⁽⁴⁾ | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês; |
| | Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100mL |
| Pesquisa de organismos patogênicos | |
| Enterovírus | Ausência |
| Cistos de <i>Giardia</i> spp | Ausência |
| Oocistos de <i>Cryptosporidium</i> sp | Ausência |
| Amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada | |
| <i>Escherichia coli</i> | Ausência |
| Coliformes termotolerantes | Ausência |
| Coliformes totais | Investigar a origem da ocorrência |

(1) VMP = Valor Máximo Permitido.

(2) Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

(4) Em 20% das amostras mensais para análise de Coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mL, devem ser providenciadas imediata coleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na tabela 27.

Tabela 27: Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

| TRATAMENTO DA ÁGUA | VMP ⁽¹⁾ |
|--|--|
| Desinfecção (água subterrânea) | 1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras. |
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1,0 UT ⁽²⁾ |
| Filtração lenta | 2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras. |

(1) VMP = Valor máximo permitido. O limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, que é o padrão de aceitação para consumo humano

(2) Unidade de turbidez.

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004) apresenta limites para substâncias químicas que representam risco à saúde: substâncias orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na tabela 28.

Tabela 28: Padrão de radioatividade para água potável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

| PARÂMETRO | UNIDADE | VMP ⁽¹⁾ |
|----------------------------|---------|--------------------|
| Radioatividade alfa global | BQ/L | 0,1 ⁽²⁾ |
| Radioatividade beta global | BQ/L | 1,0 ⁽²⁾ |

(1) VMP = Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

7.7.5 Características microbiológicas para água mineral natural e água natural.

A ANVISA (2005) regulamenta as características microbiológicas para a água mineral natural e a água natural envasadas. Não devem apresentar risco à saúde do consumidor e devem estar em conformidade com as características microbiológicas descritas na tabela 29.

Tabela 29: Características microbiológicas para água mineral e natural envasadas (ANVISA, 2005).

| MICROORGANISMO | AMOSTRA INDICATIVA / LIMITES |
|---|---|
| <i>Escherichia coli</i> ou Coliforme (fecais) termotolerantes, em 100mL | Ausência |
| Coliformes totais, em 100mL | <1,0 UFC ⁽¹⁾ ; <1,1 NMP ⁽²⁾ ou ausência |
| Enterococos, em 100 mL | <1,0 UFC ⁽¹⁾ ; <1,1 NMP ⁽²⁾ ou ausência |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , em 100 mL | <1,0 UFC ⁽¹⁾ ; <1,1 NMP ⁽²⁾ ou ausência |
| Clostrídios sulfito redutores ou <i>Clostridium perfringens</i> , em 100 mL | <1,0 UFC ⁽¹⁾ ; <1,1 NMP ⁽²⁾ ou ausência |

(1) UFC - Unidades Formadoras de Colônias.

(2) NMP - Número Mais Provável

7.7.6 Valores orientadores de qualidade do solo

O CONAMA (2009) dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo. Considera a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas quanto à presença de substâncias químicas. Estabelece diretriz para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Não trata de contaminações por microorganismos patogênicos, mas define como perigo a situação em que estejam ameaçadas a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou não controladas.

O Decreto N°1190 (PMC, 2004) que define para o Município de Curitiba os parâmetros de referência para qualidade de solo e água subterrânea, não especifica valores máximos permitidos para microorganismos, orientando o uso de parâmetros de referência estabelecidos na legislação federal e estadual vigente.

7.7.7 Padrões de referência para microorganismos patogênicos - legislações alemã e austríaca

A legislação alemã apresenta limites e valores de intervenção para diferentes parâmetros legislados para a preservação da qualidade da água, de acordo com o seu uso. São estabelecidos por:

- (1) *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch Trinkwasserverordnung - vom 21.5.2001.* (Qualidade da água destinada ao consumo humano - água potável) (DVGW, 2001).
- (2) *BERLINER LISTE 2005 (Auszüge) Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) für Grundwasser (µg/L) Anorganische Stoffe – GFS.* (Limites mínimos para substâncias inorgânicas (µg/L) em águas subterrâneas) (BERLINER LISTE, 2005).
- (3) *BERLINER LISTE 2005 (Auszüge) Sanierungsbeürftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L) Anorganische Stoffe - SSW* (Limites de interferência para substâncias inorgânicas (µg/L) em águas subterrâneas) (BERLINER LISTE, 2005).
- (4) *BERLINER LISTE 2005 (Auszüge) Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) für Grundwasser (µg/L) Organische Stoffe - GFS.* (Limites mínimos para substâncias orgânicas (µg/L) em águas subterrâneas) (BERLINER LISTE, 2005).
- (5) *BERLINER LISTE 2005 (Auszüge) Sanierungsbeürftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L) Organische Stoffe – SSW.* (Limites de interferência para substâncias orgânicas (µg/L) em águas subterrâneas) (BERLINER LISTE, 2005).

O regulamento sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano - água potável (*Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch Trinkwasserverordnung*) está vigente desde 1976. O objetivo deste regulamento é proteger a saúde dos humanos contra os efeitos adversos resultantes da contaminação da água. Pelo uso que será dado à água são aplicados os parâmetros mais restritivos.

Um dos aspectos importantes nesta avaliação da qualidade da água é a questão da presença de patógenos. A *Escherichia coli*, bem como a maioria de vírus e bactérias patogênicas, se reproduz apenas no corpo de animais de sangue quente, mas não na terra ou no sistema de abastecimento de água. Outros indicadores de contaminação fecal na água potável são os enterococos, *Pseudomonas aeruginosa*, e as bactérias coliformes, pois sua presença indica um perigo potencial à saúde.

A tabela 30 apresenta os limites adotados pela legislação alemã para microorganismos patogênicos em águas destinadas ao consumo humano.

Tabela 30: Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos em águas destinadas ao consumo humano – legislação alemã (DVGW, 2001).

| PARÂMETROS | ÁGUA PARA USO HUMANO | ÁGUA ENVASADA ⁽¹⁾ |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|
| <i>Escherichia coli</i> (1/100mL) | 0/100mL | 0/250mL |
| Enterococos | 0/100mL | 0/250mL |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | - | 0/250mL |
| Coliformes totais (1/100mL) | 0/100mL | 0/250mL |
| Número de colônias a 22°C | - | 100/mL |
| Número de colônias a 36°C | - | 20/mL |

(1) Água comercializada.

Os valores dos parâmetros indicadores fornecem concentrações que, quando excedida, devem ser considerados. Deve-se determinar a causa e quais as medidas necessárias para manter a qualidade da água adequada. Os níveis naturais, mesmo que abaixo do respectivo valor, deve ser protegido contra alterações indesejadas (Quadros 20 e tabela 31).

Quadro 20: Limites estabelecidos para parâmetros indicadores de microorganismos patogênicos – legislação alemã (DVGW, 2001).

| PARÂMETRO INDICADOR | | |
|--|-----------------------|--|
| <i>Clostridium perfringens</i> (incluindo esporos) | 0/100mL | Este parâmetro só deve ser determinado quando a água é proveniente ou influenciada por águas superficiais. Se o limite não for cumprido, a autoridade competente deve iniciar investigações no sistema de abastecimento para garantir que não põe em perigo a saúde humana devido a uma ocorrência de microorganismos que causam doenças transmitidas pelo <i>Cryptosporidium</i> . O resultado deste inquérito deve ser encaminhado à autoridade competente do Ministério da Saúde. |
| Número de colônias a 22°C | sem alteração anormal | LIMITES ⁽¹⁾ : — 100/mL na torneira do consumidor; — 20/mL imediatamente após a conclusão do tratamento da água desinfetada ⁽²⁾ ; — 1000/mL em sistemas de abastecimento de água, em tanques de terra, ar e veículos aquáticos. |
| Número de colônias a 36°C | sem alteração anormal | Limite de 100/mL ⁽¹⁾ |

(1) O titular da entidade patronal ou outros de um sistema de abastecimento de água, independentemente do procedimento, havendo um aumento brusco ou contínuo da contagem, informar de imediato à autoridade competente.

(2) A amostragem deve ser efetuada imediatamente após a conclusão das medidas de desinfecção. Esta investigação é para validar a eficácia da desinfecção.

Tabela 31: Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos – legislação austríaca (RIS, 2011).

| PARÂMETROS | PARA A ÁGUA NÃO DESINFETADA | AVALIAÇÃO IMEDIATAMENTE APÓS A DESINFECÇÃO ⁽¹⁾ | ÁGUA ENVASADA ⁽¹⁾ |
|---|-----------------------------|---|------------------------------|
| <i>Escherichia coli</i> (1/100mL) | 0/100mL | 0/250mL | 0/250mL |
| Enterococos | 0/100mL | 0/250mL | 0/250mL |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 0/100mL | 0/250mL | 0/250mL |
| Número de colônias a 22°C | - | - | 100/mL |
| Número de colônias a 37°C | - | - | 20/mL |
| PARÂMETRO INDICADOR | | | |
| Coliformes totais (1/100mL) | 0/100mL | 0/250mL | 0/250mL |
| <i>Clostridium perfringens</i> ⁽²⁾ (incluindo esporos) | 0/100mL | 0/250mL | 0/250mL |
| Número de colônias a 22°C | 100/mL | 10/mL | - |
| Número de colônias a 37°C | 20/mL | 10/mL | - |

(1) Este estudo serve para verificar a eficiência da desinfecção.

(2) Este parâmetro só deve ser determinado quando a água é proveniente ou influenciada por águas superficiais. Se o limite não for cumprido, a autoridade competente deve iniciar investigações no sistema de abastecimento para garantir que não põe em perigo a saúde humana devido a uma ocorrência de microorganismos que causam doenças transmitidas pelo *Cryptosporidium*. O resultado deste inquérito deve ser encaminhado à autoridade competente do Ministério da Saúde.

7.7.8 Diferenças em padrões de referência para microorganismos patogênicos entre as legislações brasileira, alemã e austríaca

Quando comparadas com a legislação brasileira, as legislações alemãs e austríacas são mais restritivas nos limites estabelecidos para microorganismos patogênicos (Tabela 32)

A legislação brasileira determina a necessidade de pesquisa em águas superficiais e subterrâneas dos microorganismos: coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e enterococos. Estabelece ainda que, quando houver a investigação de organismos patogênicos sejam analisados: enterovírus, *Cistos de Giardia spp* e *Oocistos de Cryptosporidium sp*. Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, devem ser pesquisadas *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes e coliformes totais. Estabelece ainda limites para coliformes totais na água após o seu tratamento. *Escherichia coli* e coliformes totais devem ser pesquisados na água para consumo humano e em água tratada.

A ANVISA (2005) estabelece a investigação de microorganismos patogênicos em água mineral e natural envasadas.

Tabela 32: Limites estabelecidos para microorganismos patogênicos nas legislações alemã, austríaca e brasileira (adaptado de DVGW, 2001; RIS, 2011; CONAMA, 2008; CONAMA, 2005a; CONAMA, 2001; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; ANVISA, 2005).

| PARÂMETROS MICROORGANISMOS | | <i>Escherichia coli</i> | Enterococos | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Coliformes termotolerantes | Coliformes Totais | <i>Clostridium perfringens</i> | Contagem de Colônia 22°C | Contagem de Colônia 36°C | Enterovírus | Cistos de <i>Giardia spp</i> | Oocistos de <i>Cryptosporidium sp</i> | |
|--|--|--|-------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|
| ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO | NÃO DESINFETADA | DVGW, 2001 | 0/100mL | 0/100mL | - | - | 0/100mL | 0/100mL | Sem alteração anormal | Sem alteração anormal | - | - | - |
| | | CONAMA ⁽¹⁾ N°396/2008 | 0/100mL | - | - | 0/100mL | - | - | - | - | - | - | - |
| | | RIS, 2011 (INDICADORES) | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | RIS, 2011 (INTERVENÇÃO) | - | - | - | - | 0/100mL | 0/100mL | 100/mL | 20/mL | - | - | - |
| | | Portaria N°518/2004 | 0/100mL | - | - | 0/100mL | 0/100 mL (1) | - | - | - | - | - | - |
| | APÓS A DESINFECÇÃO | RIS, 2011 (INDICADORES) | 0/250mL | 0/250mL | 0/250mL | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | RIS, 2011 (INTERVENÇÃO) | - | - | - | - | 0/250mL | 0/250mL | 10/mL | 10/mL | - | - | - |
| | | Portaria N°518/2004 | - | - | - | - | 0/100mL | - | - | - | - | - | - |
| | | Portaria N°518/2004 (RESERVATÓRIOS E REDE) | 0/100mL | - | - | 0/100mL | - | - | - | - | - | - | - |
| | ENVASADA | DVGW, 2001 | 0/250mL | 0/250mL | 0/250mL | 0/250mL | 0/250mL | - | 100/mL | 20/mL | - | - | - |
| | | RIS, 2011 (INDICADORES) | 0/250mL | 0/250mL | 0/250mL | - | - | - | 100/mL | 20/mL | - | - | - |
| | | RIS, 2011 (INTERVENÇÃO) | - | - | - | - | 0/250mL | 0/250mL | - | - | - | - | - |
| | | ANVISA RDC N°275/2005 | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | - | - | - | - | - |
| | DESSEDENTAÇÃO ANIMAIS ⁽¹⁾ CONAMA N°396/2008 | | 200/100 mL | - | - | 200/100 mL | - | - | - | - | - | - | - |
| | IRRIGAÇÃO ⁽¹⁾ CONAMA N°396/2008 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | RECREAÇÃO ⁽¹⁾ CONAMA N°396/2008 | | 800/100 mL | 100/100 mL | - | 1000/100 mL | - | - | - | - | - | - | - |
| CLASSIFICAÇÃO | ÁGUAS CLASSE 1 CONAMA N°357/2005 | - | - | - | 200/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| | ÁGUAS CLASSE 2 CONAMA N°357/2005 | - | - | - | 1000/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| | ÁGUAS CLASSE 3 CONAMA N°357/2005 | - | - | - | 2500/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO | EXCELENTE CONAMA N°274/2000 ⁽¹⁾ | 200/100 mL | 25/100 mL | - | 250/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| | MUITO BOA CONAMA N°274/2000 ⁽¹⁾ | 400/100 mL | 50/100 mL | - | 500/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| | SATISFATÓRIA CONAMA N°274/2000 ⁽¹⁾ | 800/100 mL | 100/100 mL | - | 1000/100 mL | - | - | - | - | - | - | - | |
| PESQUISA DE ORGANISMOS PATOGENICOS Portaria N°518/2004 | | - | - | - | - | - | - | - | - | 0/100mL | 0/100mL | 0/100mL | |

(1) Uso preponderante da água subterrânea.

(2) Padrões de referência para as águas doces, salobras e salinas e que são consideradas próprias pela CONAMA N°274/2000 (CONAMA, 2001) (destinadas à balneabilidade, recreação de contato primário).

Os parâmetros indicadores de microorganismos patogênicos, presentes na legislação austríaca RIS (2011), estabelecem critérios para intervenção. Uma vez ultrapassados, deve haver uma investigação para determinar a causa e estabelecer medidas para manter a qualidade da água adequada. Ainda na legislação austríaca está regulamentada a presença de coliformes, *Clostridium perfringens* e limites máximos de contagem de colônias a 22°C e 36°C para a água de torneira que chega ao consumidor, imediatamente após a conclusão do tratamento da água desinfetada e em sistemas de abastecimento de água.

A legislação brasileira não determina a obrigatoriedade da pesquisa da persistência de *Clostridium perfringens* nos efluentes de estabelecimentos de saúde ou demais atividades que sejam passíveis da proliferação deste microorganismo. As legislações européias pesquisadas salientam que este microorganismo é de origem antropogênica e que este parâmetro deve ser analisado quando a água é proveniente da superfície ou é influenciada por águas superficiais. Se o limite for superior a 0/100mL para a água de consumo humano ou superior a 0/250mL em águas envasadas, a autoridade competente deve iniciar investigações no sistema de abastecimento para garantir que não põe em perigo a saúde humana devido a uma ocorrência de microorganismos que causam doenças transmitidas pelo *Cryptosporidium*. Orientam ainda que o resultado deste inquérito deverá ser encaminhado a uma autoridade competente do Ministério da Saúde.

A constatação de microorganismos patogênicos na água, sem dúvida é um problema grave e que deve ser investigado. A visita ao local e determinação das causas da contaminação auxilia na recomendação da tecnologia a ser empregada para uma disponibilidade de água adequada ao seu uso.

7.8 SUGESTÕES PARA INCLUSÃO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Na pesquisa efetuada foi verificada a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, Enterococos, *Clostridium perfringens* e *Pseudomonas aeruginosa* em água contaminada por resíduos dos serviços de saúde.

Padrões de lançamento

São vários os estabelecimentos que podem gerar nos seus efluentes estes microorganismos. A legislação federal brasileira especifica no Art. 36 da Resolução CONAMA N°357/05 (CONAMA, 2005a) que além dos requisitos previstos, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial. Não determina limites ou padrões de lançamento para tais microorganismos.

É sugerido que além das condições já estabelecidas para padrões de lançamento dos efluentes, o órgão de controle ambiental acrescente parâmetros microbiológicos. São exemplos de estabelecimentos com potencial risco de geração: hospitais, clínicas médicas e veterinárias, Instituto Médico Legal (IML), necrotérios, cemitérios, aterros sanitários e valas sépticas.

É sugerido que seja avaliada a eficiência da desinfecção efetuada nos efluentes, através da análise dos parâmetros apresentados: *Escherichia coli*, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* coliformes totais, *Clostridium perfringens* (incluindo esporos), número de colônias a 22°C e a 37°C.

Água para consumo humano

De acordo com as legislações pesquisadas, não há garantia através do regulamentado pela legislação brasileira que a água que sai da torneira esteja isenta dos microorganismos: enterococos, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*. Apenas a legislação da ANVISA (2005) para água mineral e natural engarrafada determina esta pesquisa e apresenta padrões para interferência.

São sugeridos limites restritivos para o controle de microorganismos patogênicos na água destinada ao consumo humano. Critérios semelhantes devem ser adotados para as águas de reservatórios e distribuídos nas redes, fontes, nascentes, poços e águas mineral e natural envasadas (Tabela 33).

Tabela 33: Padrões e limites sugeridos para a água destinada ao consumo humano.

| PARÂMETROS MICROORGANISMOS | <i>Escherichia coli</i> | Enterococos | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Coliformes termotolerantes | Coliformes totais | <i>Clostridium perfringens</i> | Contagem de colônia 22°C | Contagem de colônia 36°C |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CONSUMO HUMANO | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 100/mL | 20/mL |
| RESERVATÓRIOS E REDE | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 100/mL | 20/mL |
| FONTES, NASCENTES E POÇOS | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 100/mL | 20/mL |
| ÁGUA MINERAL E NATURAL ENVASADA | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/100 mL | 0/250 mL | 0/250 mL | 0/250 mL | 100/mL | 20/mL |

7.9 PRESENÇA DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

Ainda não há um completo entendimento dos riscos que os componentes ativos e metabólitos de medicamentos e de produtos de higiene pessoal (MPHPs) como analgésicos, antiinflamatórios, anticoncepcionais, antibióticos e outros produtos adequados para o combate às doenças possam acarretar quando, após o uso, são disponibilizados ao meio ambiente. Os montantes registrados em pesquisas recentes em águas superficiais e subterrâneas, do ponto de vista toxicológico, não são prejudiciais aos seres humanos, mas há a preocupação quanto ao risco da interação entre estas diferentes substâncias.

Os medicamentos, uma vez administrados, seja de forma intravenosa ou oral, estão sujeitos ao metabolismo do paciente e pode ser excretado de forma inalterada ou na forma de metabólitos ao meio ambiente (água, solo,...), podendo sofrer transformações posteriores. Muitos destes compostos sobrevivem à biodegradação e se descarregam nas águas receptoras.

Deve ser observado o efeito cumulativo dos medicamentos sobre o ecossistema. Uma contínua inclusão no meio aquático dos Compostos Farmacologicamente Ativos (CFAs), mesmo que possuam baixa persistência, podem ter o mesmo potencial de exposição que os verdadeiramente persistentes, já que a sua velocidade de transformação e eliminação pode ser compensada pela velocidade de reposição do contaminante (CÓRDOBA & RODRIGUEZ, 2004). A ocorrência de citações em artigos, teses e periódicos que relatam a persistência de medicamentos ou seus metabólitos no ambiente aquático e na água potável demonstra a preocupação com este tema.

No que diz respeito ao princípio da precaução, baixas concentrações de CFAs e outros contaminantes, não são desejáveis (HEBERER, 2002).

A incorporação de medicamentos ao meio ambiente está em função da quantidade produzida, da frequência e quantidade de sua ingestão. As duas principais fontes vêm de aplicações no corpo humano e veterinário. Influencia diretamente na sua persistência: o tipo de padrão de excreção do composto original, a natureza e perigo de seus metabólitos, a afinidade do medicamento a ser absorvido por sólidos e a capacidade de transformação metabólica dos microorganismos do meio ambiente ou dos microorganismos utilizados no tratamento de águas residuais. A presença e a concentração destes fármacos no ambiente dependem muito do volume de produção e padrões de consumo (CÓRDOBA & RODRIGUEZ, 2004). Salienta-se também a incorporação de medicamentos ao meio ambiente pela prática de descarte das sobras dos medicamentos: por estarem com a data de validade vencida ou pela dosagem especificada e não utilizada.

A pesquisa efetuada por Heberer em 2002 sinalizou o risco potencial de estar contaminada a água potável por compostos orgânicos polares. Em áreas urbanas, onde ocorre alta descarga de esgotos municipais e a captação é feita através de águas subterrâneas, o risco estava presente. Indicou ainda que alguns CFAs não são completamente eliminados nas estações de tratamento de esgoto municipal e são descarregados como contaminantes em águas receptoras.

As ETEs recebem efluentes procedentes de usos domésticos, municipais, e industriais (incluindo as indústrias farmacêuticas). Os fármacos que não são removidos por este tratamento acabam descarregados juntamente com os efluentes tratados, chegando a rios, lagos, águas subterrâneas e águas para consumo. Ao serem removidos nas ETEs, estes compostos são transferidos para os lodos, podendo contaminar o solo e, através de seus

lixiviados, seguir para as águas superficiais, ou pela infiltração, comprometem a qualidade das águas subterrâneas (FENT *et al.*, 2006).

A figura 121 apresenta as interações e possibilidade da presença de MPHPs na forma inalterada ou na forma de metabolitos em vários tipos de águas, indicando suas origens e destinos (ROQUE, 2009).

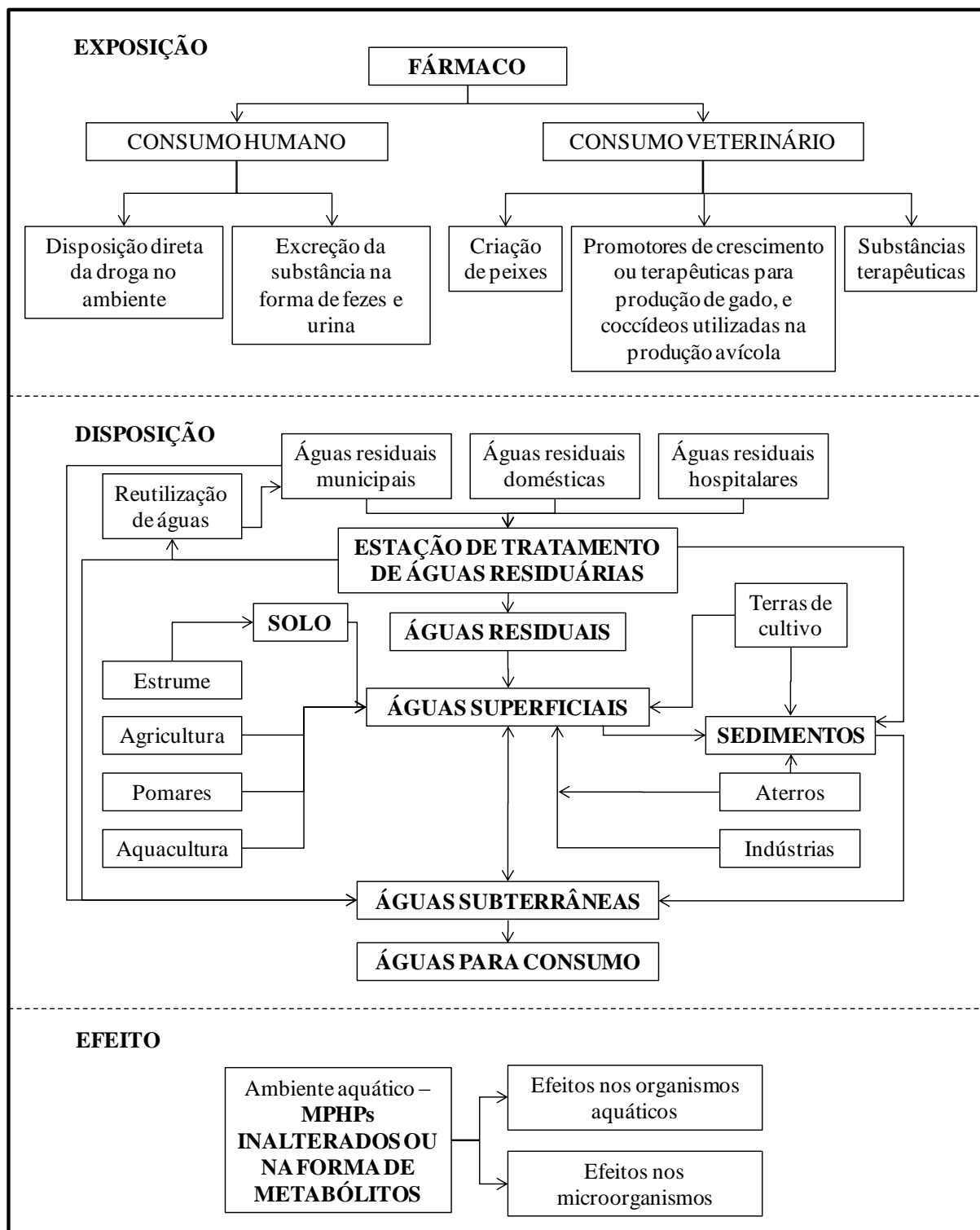


Figura 121: Rotas de exposição de fármacos no ambiente (adaptado de PONEZI *et al.*, 2007 e ROQUE, 2009).

De acordo com Córdoba & Rodriguez (2004) é surpreendente que não se tenha tido em conta o potencial contaminante dos MPPs. Seus efeitos e de seus metabólitos no meio ambiente, especialmente para os organismos aquáticos, difere principalmente dos pesticidas e de outros produtos químicos industriais em um aspecto relevante: as exposições se caracterizam de natureza crônica devido a sua contínua introdução ao meio, aonde quer que viva ou visite a espécie humana.

Devido às suas propriedades químicas, os medicamentos podem ser considerados contaminantes ambientais. Após o consumo, vão das águas residuais municipais às águas superficiais e subterrâneas (DVGW, 2011). Em função da fonte de captação da água para a dessedentação e para atender as rigorosas exigências legais, as empresas de saneamento necessitam empregar técnicas diferentes para a sua depuração. Dependendo da característica da fonte de captação é necessário um tratamento de forma intensiva e com técnicas de processamento de multi-estágio, as quais ainda não garantem a eliminação total dos medicamentos (HEBERER, 2002).

7.10 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS MPPS EM ÁGUAS SITUADAS NA ÁREA DE INTERESSE DA VALA SÉPTICA DE CURITIBA

Esta fase do estudo pesquisou a presença de medicamentos em águas superficiais e subterrâneas da área do entorno da vala séptica de Curitiba. Uma vez que são componentes de difícil degradabilidade no meio, sua constatação nas águas possibilita identificar a movimentação da pluma de contaminação da vala até o rio e lago próximos ao depósito, assegurando a origem dos contaminantes.

Foi verificada a persistência da Carbamazepina, do ácido Clofíbrico e da Primidona como indicadores da procedência da contaminação das águas do entorno da vala (Tabela 34).

Tabela 34: Presença de fármacos em águas subterrâneas e superficiais.

| PARÂMETROS (ng/L) | PM 12 | PM 14 | PONTO CÓRREGO | PONTO LAGOA |
|-------------------------|--------|--------|------------------|----------------|
| CARBAMAZEPINA | > 20 | > 300 | traços | > 25 |
| ÁCIDO CLOFÍBRICO | > 20 | > 50 | ND | ND |
| PRIMIDONA | ND | traços | ND | ND |
| PARAXANTHINE | traços | ND | ND | traços |
| CAFEÍNA | traços | ND | > 25 | traços |
| PHENAZONE | traços | > 150 | ND | traços |
| LOPAMIDOL | ND | > 50 | ND | traços |
| DIAZEPAM | ND | > 20 | ND | ND |
| IBUPROFEN | ND | > 100 | ND | ND |
| DICLOFENAC | ND | > 200 | ND | ND |
| ATRAZINA | ND | ND | > 40 | > 20 |
| DESETHYL | ND | ND | traços | > 20 |
| ATRAZINA | ND | ND | ND | traços |
| DESIOPROPYL | ND | ND | ND | traços |
| ATRAZINA | ND | ND | ND | traços |
| 1H-BENZOTRIAZOLE | ND | traços | traços | traços |
| TOLYLYTRIAZOLE | ND | ND | ND | traços |

A análise do eluato oriundo da extração da fase sólida, possibilitou avaliar nos quatro pontos amostrados a presença de demais medicamentos e agrotóxicos: Paraxanthine, Cafeína, Phenazone, Lopamidol, Diazepam, Ibuprofen, Diclofenac, Atrazina, Desethylatrazina, Desisopropylatrazina, 1H-Benzotriazole e Tolylytriazole. Estas análises corroboraram para um melhor entendimento quanto à mutação genética ocasionada nos peixes expostos nas águas do rio e lago, próximos ao depósito de resíduo hospitalar.

A análise efetuada pelo Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de *Göttingen*/Alemanha possibilitou comprovar a presença destes materiais nas amostras analisadas. A presença dos MPHs em águas subterrâneas dos poços de monitoramento PM12 e PM14 confirmam a persistência e difícil biodegradabilidade destes materiais. Mesmo após o encerramento há cinco anos da disposição de resíduos hospitalares, foi constatada, além dos fármacos Carbamazepina, ácido Clofíbrico e Primidona, a presença de Paraxanthine, Cafeína, Phenazone, Lopamidol, Diazepam, Ibuprofen e Diclofenac.

Nas águas superficiais do ponto do córrego, foi constatada a presença de Carbamazepina e traços de Cafeína. Na lagoa estavam presentes a Carbamazepina e traços de Paraxanthine, Cafeína, Phenazone e Lopamidol. A presença destes materiais em águas superficiais indicam a movimentação das águas oriundas da vala séptica (Figura 122).



Figura 122: Presença de fármacos em águas subterrâneas e superficiais próximas à vala séptica (GOOGLE, 2011).

A presença de traços de herbicidas e produtos químicos (Atrazina, Desethylatrazina, Desisopropylatrazina, 1H-Benzotriazol e Tolylytriazole) nas águas superficiais e que não foram detectados nos poços de monitoramento PM12 e PM14, sugerem a contribuição externa à vala, para a presença destes contaminantes. O herbicida Atrazina apresenta uma meia vida de 91 a 180 dias no meio ambiente (FISPQ ATRAZINA, 2010) e há mais de cinco anos não ocorre a disposição de resíduos na vala séptica.

Sugere-se uma ampliação da pesquisa para verificar a origem dos herbicidas e produtos químicos nos pontos amostrados.

7.11 SUGESTÕES PARA INCLUSÃO NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA FÁRMACOS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

A ocorrência da ação antropogênica, em especial da inserção de drogas e medicamentos no ambiente só serão minimizadas ou impedidas através de esforços a longo prazo por todos os intervenientes em todos os níveis (sócio-politicamente, profissionalmente, tecnicamente e legalmente) (DVGW, 2011). Sabe-se que a discussão para a eliminação de medicamentos persistentes no meio ambiente através da substituição por fármacos biodegradáveis será com os fabricantes de medicamentos. Deverá ser considerado ainda a oferta e demanda dos consumidores.

O Brasil está entre os cinco maiores consumidores de medicamentos no mundo. São mais de 32 mil rótulos, com 12 mil substâncias. Há uma drogaria para cada 3 mil habitantes, mais que o dobro recomendado pela Organização Mundial de Saúde (JESUS, 2004). De 1997 a 2000, o Brasil teve uma média de 1.280 milhões de unidades de medicamentos vendidas por ano. Estes dados não consideraram o consumo para uso veterinário.

De acordo com Éboli (2003), pessoas com mais de 65 anos (18% da população) são responsáveis por cerca de 30% do gasto total com a saúde. Em 2025, mais de 30% da população brasileira terá mais de 60 anos. Conseqüentemente haverá o aumento no consumo de medicamentos.

7.11.1 Correlação entre a legislação alemã e a legislação brasileira, relacionando limites para parâmetros inorgânicos, orgânicos e microbiológicos.

O anexo 10 deste trabalho apresenta uma correlação entre a legislação alemã e a legislação brasileira, relacionando limites para parâmetros inorgânicos, orgânicos e microbiológicos. A análise efetuada verificou que há diferenças para o limite máximo permitido em vários parâmetros e que a legislação alemã é mais restritiva que a brasileira.

As tabelas 35 e 36 apresentam exemplos destas diferenças.

Tabela 35: Comparação entre a legislação alemã e brasileira – exemplos de máximo permitido para parâmetros orgânicos (LAWA, 2004; CONAMA, 2008).

| PARÂMETROS ORGÂNICOS | LEGISLAÇÃO ALEMÃ (ÁGUA SUBTERRÂNEA) | LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (ÁGUA SUBTERRÂNEA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO) |
|-----------------------|--|---|
| Acilamida | 0,1 [µg/L] | 0,5 [µg/L] |
| Benzol (Benzeno) | 1 [µg/L] | 5 [µg/L] |
| 1-2-Dicloroetano | 2 [µg/L] ⁽¹⁾ | 10 [µg/L] |
| PCBs (somatória de 7) | 0,01 [µg/L] ⁽²⁾ | 0,5 [µg/L] |
| Malation | 0,02 [µg/L] | 190 [µg/L] |
| Pentaclorofenol | 0,1 [µg/L] | 9 [µg/L] |

(1) Necessário intervenção com 10 [µg/l] de 1-2-Dicloroetano.

(2) Necessário intervenção com 0,05 [µg/l] de PCB total.

Tabela 36: Comparação entre a legislação alemã e brasileira – exemplos de máximo permitido para parâmetros inorgânicos (LAWA, 2004; CONAMA, 2008).

| PARÂMETROS INORGÂNICOS | LEGISLAÇÃO ALEMÃ (ÁGUA SUBTERRÂNEA) | LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (ÁGUA SUBTERRÂNEA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO) |
|-------------------------------|--|---|
| Antimônio (Sb) | 5 [µg/L] | 5 [µg/L] |
| Arsênio (As) | 10 [µg/L] | 10 [µg/L] |
| Bário (Ba) | 340 [µg/L] | 700 [µg/L] |
| Boro (B) | 740 [µg/L] | 500 [µg/L] |
| Cádmio (Cd) | 0,5 [µg/L] ⁽¹⁾ | 5 [µg/L] |
| Chumbo (Pb) | 7 [µg/L] | 10 [µg/L] |
| Cianeto (CN ⁻) | 100 µg/L ⁽²⁾ | 70 [µg/L] |
| Cobre (Cu) | 14 [µg/L] | 2.000 [µg/L] |
| Fluoreto (F ⁻) | 750 [µg/L] | 1.500 [µg/L] |
| Mercurio (Hg) | 0,2 [µg/L] | 1 [µg/L] |
| Molibdênio (Mo) | 35 [µg/L] | 70 [µg/L] |
| Niquel (Ni) | 14 [µg/L] | 20 [µg/L] |
| Selenio (Se) | 7 [µg/L] | 10 [µg/L] |
| Vanádio (V) | 4[µg/L] ⁽³⁾ | 50 [µg/L] |
| Zinco (Zn) | 58 [µg/L] ⁽⁴⁾ | 5.000 [µg/L] |

(1) Necessário intervenção com 2,5 [µg/L] de Cádmio.

(2) Cianeto facilmente liberado, limite máximo em água subterrânea é de 50 [µg/l].

(3) Necessário intervenção com 20 [µg/L] de Vanádio.

(4) Necessário intervenção com 290 [µg/L] de Zinco.

Quanto ao limite de quantidade máxima de fármacos, a legislação brasileira não faz referência. A legislação alemã estabelece padrões para produtos fitofarmacêuticos e biocidas (Tabela 37).

Tabela 37: Limites e necessidade de intervenção para produtos fitofarmacêuticos e biocidas (BERLINER LISTE, 2005).

| LEGISLAÇÃO ALEMÃ | PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS E BIOCIDAS | |
|-------------------------|--|--------------------------------|
| | substâncias individuais | soma de cada substância |
| LIMITES | 0,1 [µg/l] | 0,5 [µg/l] |
| ÁGUA SUBTERRÂNEA | 100 [ng/L] | 500 [ng/L] |
| | 0,0001 mg/L | 0,0005 mg/L |
| NECESSÁRIO | 0,5 [µg/l] | 2,5 [µg/l] |
| INTERVENÇÃO | 500 [ng/L] | 2.500 [ng/L] |
| ÁGUA SUBTERRÂNEA | 0,0005 mg/L | 0,0025 mg/L |

7.11.2 Sugestões para implantação de limites de fármacos na legislação

Além dos estabelecimentos de saúde que podem dispor nos seus efluentes componentes ativos e metabólitos de MPHs, são fontes de geração o uso veterinário e a população em geral. Na pesquisa efetuada foi verificada a presença destes componentes em águas contaminadas por resíduos dos serviços de saúde, constatando a sua não degradabilidade por pelo menos cinco anos após o seu descarte.

A legislação federal brasileira, através do CONAMA (2005a), não apresenta padrões para valor máximo de parâmetros oriundos de estabelecimentos de saúde e não faz referência à obrigatoriedade de uso de fármacos biodegradáveis. Orienta apenas quanto à presença de despejos infectados com microorganismos patogênicos, os quais só poderão ser lançados após tratamento especial. É desconsiderada a geração, por estes estabelecimentos, de resíduos que contenham substâncias químicas e que possam apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e pela presença de radionuclídeos.

Água para consumo humano

Considerando que as águas subterrâneas e nascentes são utilizadas para o consumo humano é sugerido que sejam regulamentados na legislação brasileira limites para a quantidade de fármacos quando da captação destas águas. Comparando a legislação brasileira com as legislações alemãs e austríacas, é possível sugerir que seja adotado critérios para o controle e avaliação da presença de componentes ativos e metabólitos de MPHPs em águas subterrâneas (Tabela 38).

Tabela 38: Sugestão para implantação de limites de fármacos em água subterrânea para abastecimento público

| LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS ⁽¹⁾ | |
|--|-------------------------|
| Fármacos em quantidades individuais | 100 [ng/L] (0,1 µg/L) |
| Soma de cada substância de fármacos | 500 [ng/L] (0,5 µg/L) |
| LIMITES PARA INTERVENÇÃO ⁽¹⁾ | |
| Fármacos em quantidades individuais | 500 [ng/L] (0,5 µg/L) |
| Soma de cada substância de fármacos | 2.500 [ng/L] (2,5 µg/L) |

(1) Estes valores foram estabelecidos considerando o máximo permitido aos produtos fito-farmacêuticos e biocidas em águas subterrâneas na legislação alemã (BERLINER LISTE, 2005).

A obrigatoriedade imposta pela legislação promoverá a conscientização e minimização gradativa da introdução contínua de medicamentos persistentes no meio ambiente através da substituição gradativa por fármacos biodegradáveis. Esta é uma iniciativa que deverá ser imposta aos fabricantes de medicamentos.

Caso ocorra a captação da água em águas superficiais, os mesmos limites devem ser obedecidos, visto a dificuldade de remoção dos MPHPs em ETEs.

Quando houver a necessidade de descartar medicamentos, que em geral ocorre quando estão com data de validade vencida, deve ser considerada a exposição ao meio ambiente. De acordo com Olejniczak & Spindler (2004) é sugerido que na embalagem e/ou na bula dos medicamentos seja informado aos consumidores:

“Medicamentos que já não são necessários não devem ser eliminados na canalização ou no sistema de drenagem municipal. Devolva-os a uma farmácia ou pergunte ao seu farmacêutico como eliminá-los de acordo com os regulamentos nacionais. Estas medidas irão ajudar a proteger o meio ambiente”.

7.12 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO DA ÁREA DA VALA SÉPTICA - LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Nos estudos anteriores foi evidenciado que os sistemas naturais na área do entorno da vala séptica de Curitiba foram afetados e estão fragilizados, requerendo monitoramento e ação cooperativa no sentido de troca de experiências, pesquisas e estudos multidisciplinares. Além da avaliação de parâmetros físico-químicos, foi pesquisada a presença de fármacos e microorganismos patogênicos nas águas da área de interesse. As características do subsolo e a análise sobre a extensão da contaminação da área da vala séptica foram avaliadas pelo emprego do método da eletrorresistividade, relacionado ao estudo geológico.

Por não destruir as camadas selantes naturais ou artificiais e possibilitar uma rápida aplicação, o método geofísico da eletrorresistividade é considerado uma excelente ferramenta para ser aplicada em estudos ambientais. Fornece informações sobre a profundidade da zona saturada, direção do fluxo subterrâneo e profundidade do substrato rochoso inalterado e possibilita a caracterização da área, detectando e mapeando alterações na condutividade elétrica no local onde estão dispostos os resíduos (LAGO *et al.*, 2006).

Além da natureza da contaminação, as características do meio geológico podem determinar o comportamento dos contaminantes em subsuperfície.

Nesse contexto, a interpretação dos dados geofísicos pode contribuir para a obtenção de informações sobre a litologia, estratigrafia, profundidade do nível d'água, profundidade do embasamento, presença de falhas ou fraturas, existência de aquíferos importantes, caminhos preferenciais de propagação subterrânea e outras feições geológicas de interesse (CETESB, 1999).

7.12.1 Aquisição, processamento e interpretação dos dados geofísicos na área de interesse da vala séptica de Curitiba

Sabe-se que o subsolo não é um meio homogêneo e a quantia medida representa uma média ponderada de todas as resistividades verdadeiras em um volume de material em subsuperfície relativamente grande. Ao efetuar as medições obteve-se uma resistividade aparente (ρ_a), a qual é uma variável que expressa os resultados das medições de método geoeletrico, base para a interpretação dos resultados. As dimensões de ρ_a são as mesmas que a da resistividade (ohm.m).

Os dados geofísicos foram tomados ao longo de cinco perfis - Linha L1 a L5, utilizando-se do arranjo dipolo-dipolo. As seções foram investigadas com AB=MN=20 metros com 06 (seis) níveis de investigação. A faixa de profundidade investigada nas seções modeladas atingiu a profundidade de 75 metros.

Linha L1

A extensão total desta seção foi de 480 metros e objetivou conhecer a assinatura geofísica da coluna de subsolo do lado Oeste da vala, margeando o limite de disposição de resíduos.

A Linha L1 (Figura 123, painel inferior) evidencia o embasamento cristalino a partir da estação 340m até o extremo setentrional (cores azul claro e branco), apresentando característica resistiva, o qual continua em subsuperfície. Os argilitos condutivos da Formação Guabirotuba atingem profundidade de até 30 metros (cores magenta a lilás). Os menores valores de resistividade ($< 6\text{Ohm.m}$) sugerem infiltrações de material contaminante oriundo do depósito.

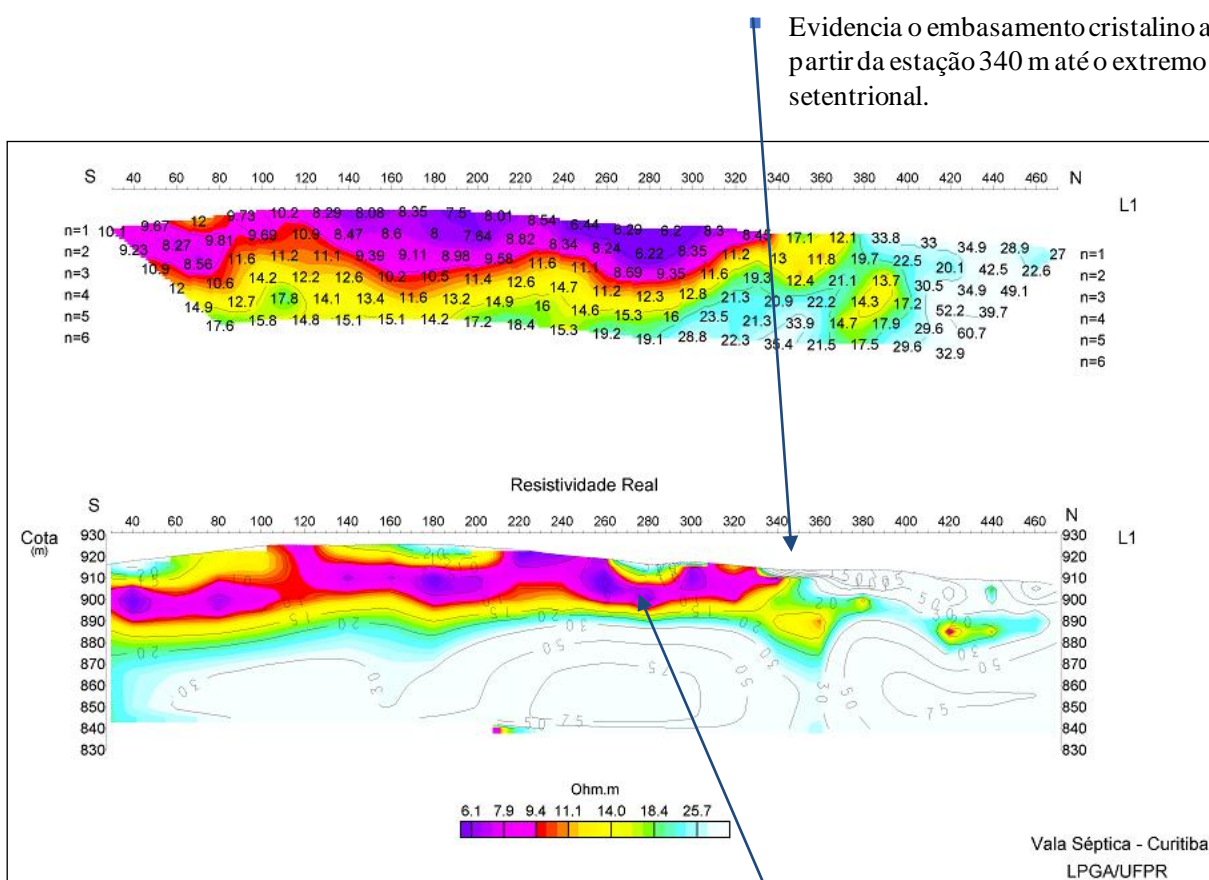


Figura 123: Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L1.

Linha L2

Este perfil objetivou conhecer a assinatura geofísica da coluna de subsolo na área de depósito da vala. A extensão total desta seção foi de 480 metros.

A Linha L2 (Figura 124, painel inferior) mostra um nível superficial de alta resistividade, a partir da estação 200m até o extremo setentrional, indicativa de depósito sem fluidos condutivos. Sotoposto a tal nível se verifica um estrato contínuo altamente condutivo, interpretado pela percolação de chorume associado à Formação Guabirota. O Complexo Atuba (embasamento) é representado por valores altos de resistividade nas porções mais profundas do modelo.

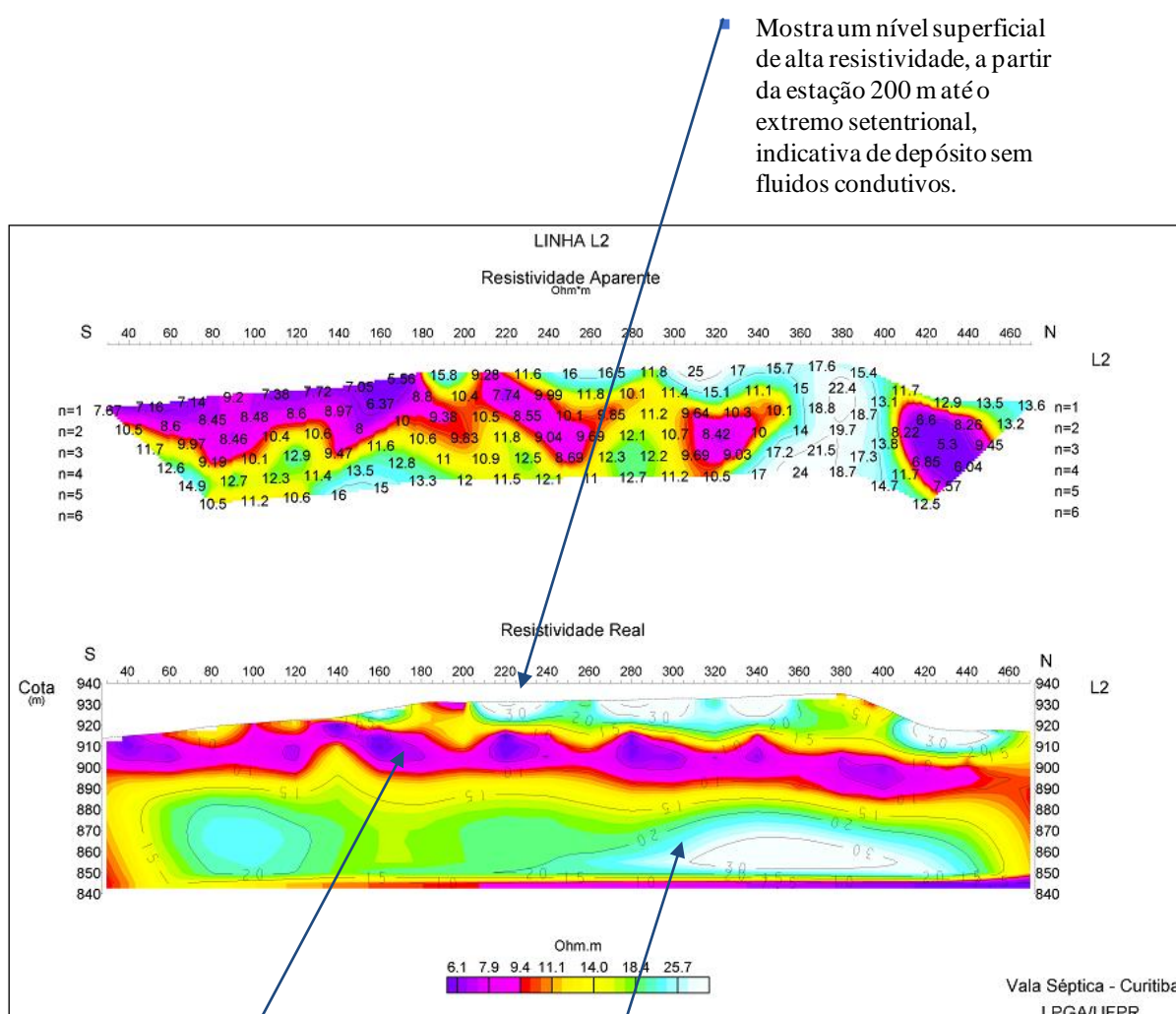


Figura 124: Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L2.

Linha L3

A extensão total desta seção foi de 440 metros. Objetivou conhecer a assinatura geofísica da coluna de subsolo na área central do depósito da vala.

Do extremo meridional da figura 125 (Linha L3, painel inferior) até a estação 240 metros, o chorume, parcialmente aflorante (entre as estações 100 a 120 metros e 160 a 240 metros), apresenta baixa resistividade e uma espessura maior que na Linha 2, sugerindo maior volume de material em percolação.

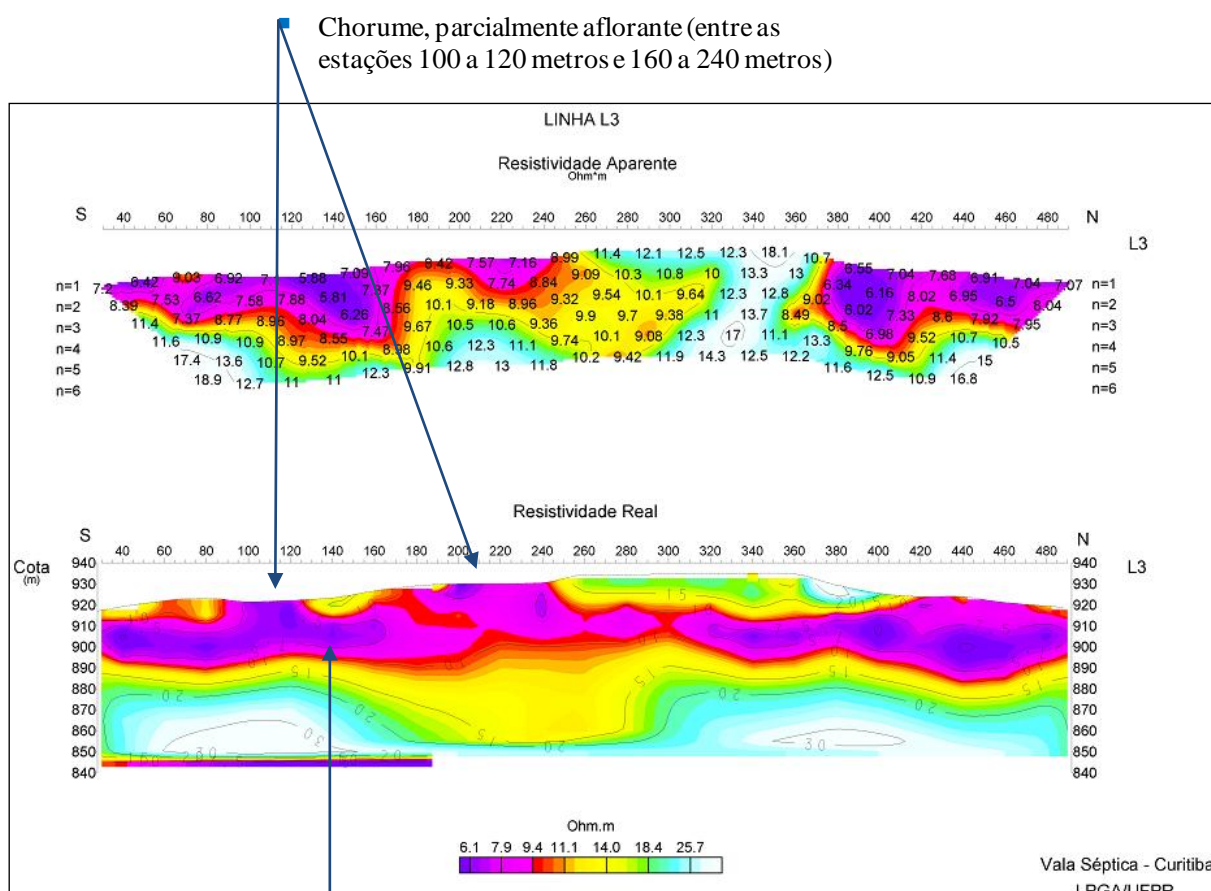


Figura 125: Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L3.

Linha L4

Esta seção, de 380 metros de extensão foi posicionada na parte Leste da vala. A Linha L4 (Figura 126, painel inferior) se comporta de maneira similar à Linha L2. Entretanto, a extensão de material condutivo é maior. O embasamento, na sua porção central, se mostra altamente resistivo.

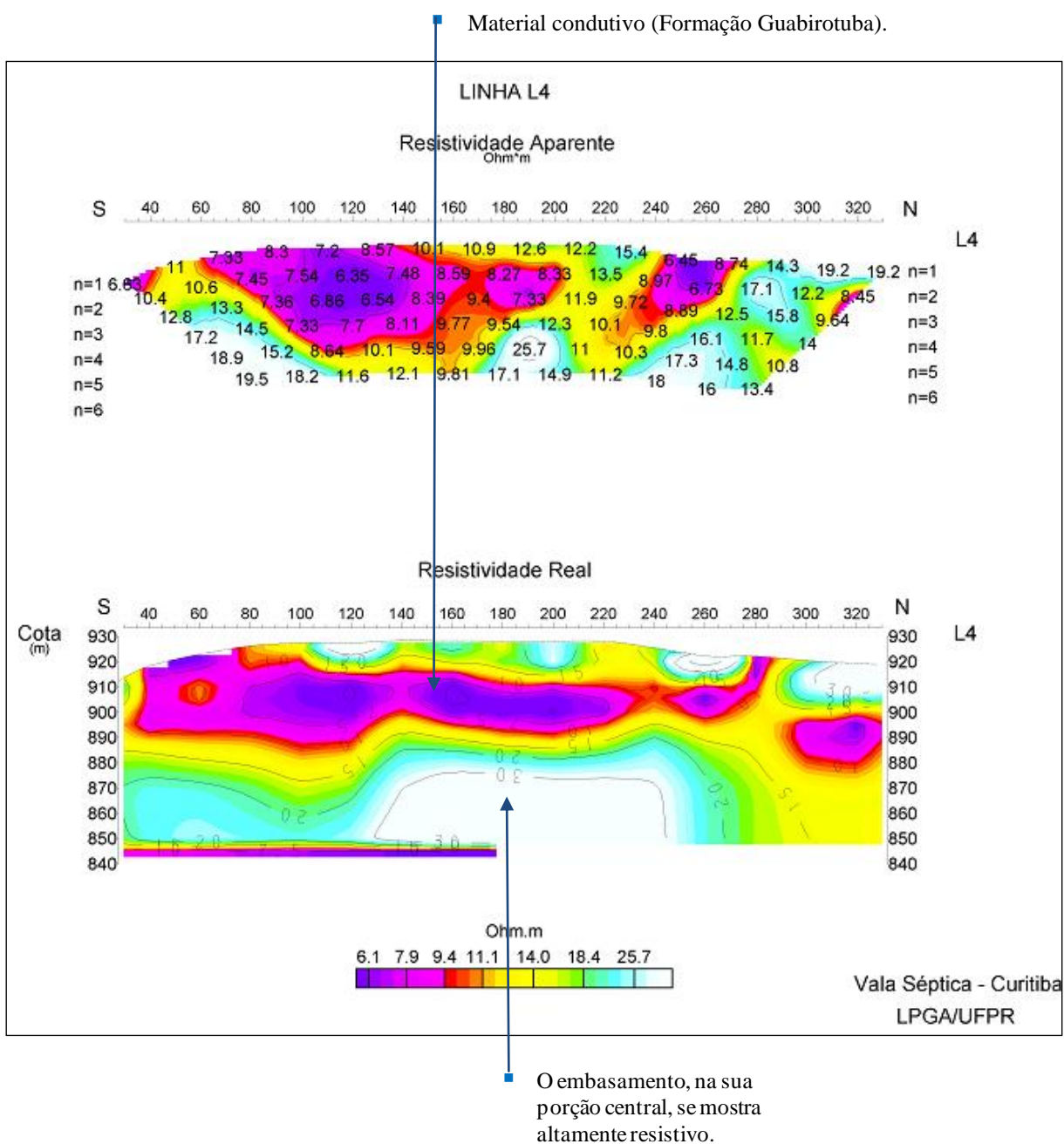


Figura 126: Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L4.

Linha L5

A extensão total desta seção foi de 360 metros. Objetivou conhecer a assinatura geofísica da coluna de subsolo na área do extremo Leste da vala, realizada fora do depósito.

A Linha L5 (Figura 127, painel inferior), revelou a presença de material contaminante (condutivo) na superfície, verificada no campo e relacionada a uma fina camada da Formação Guabirituba. O embasamento cristalino predomina em subsuperfície e aflora entre as estações 200 e 230 metros, também verificado no campo.

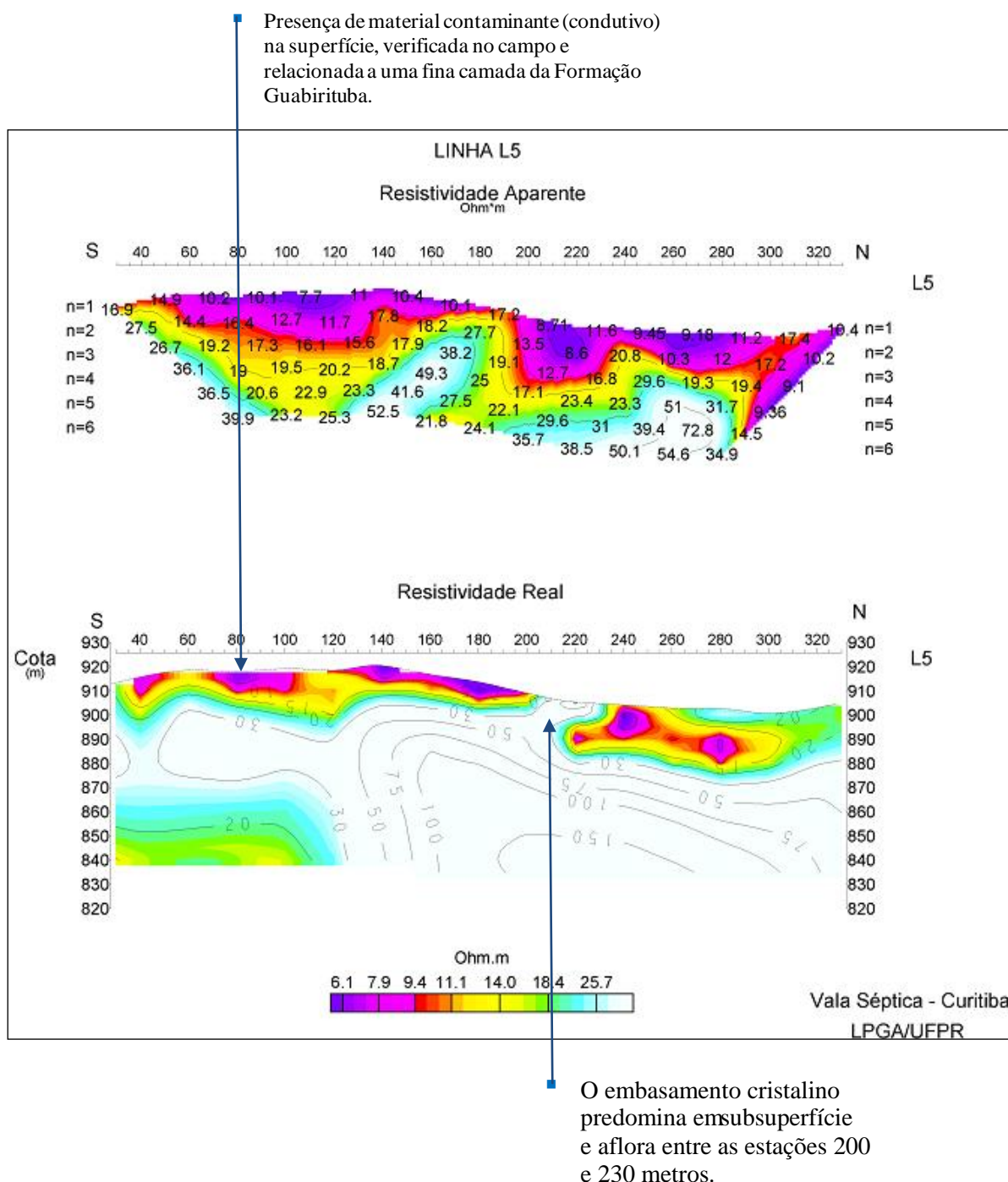
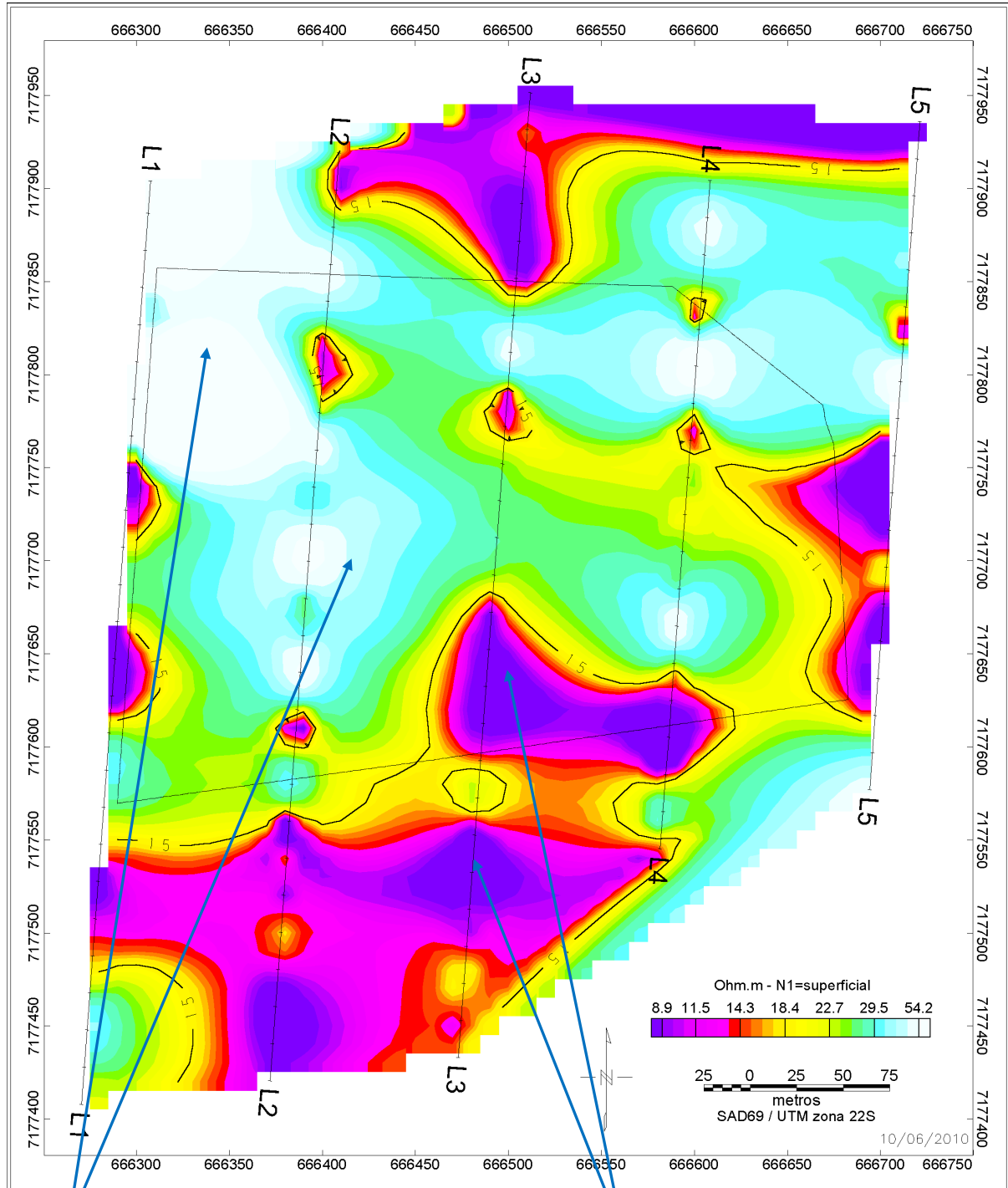


Figura 127: Pseudoseção de resistividade aparente (painel superior) e o respectivo modelo de profundidade (painel inferior) da Linha L5.

7.12.2 Mapas de níveis

Os mapas de níveis estão apresentados nas figuras 128 a 134.

Imagem em superfície

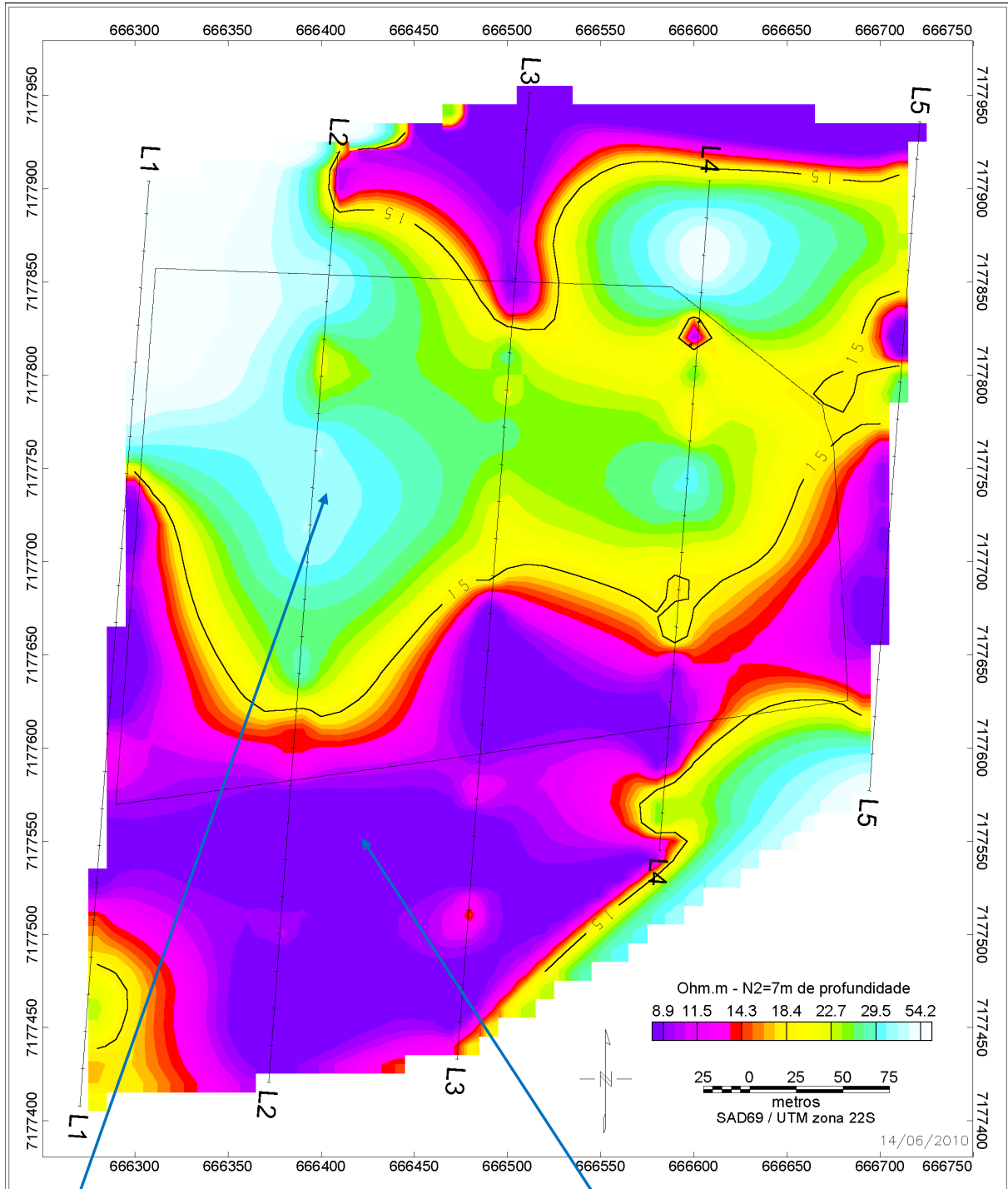


A característica de alta resistividade na assinatura geofísica de superfície e em área próxima ao depósito é indicativa que atualmente os materiais na superfície do depósito estão sem fluídos condutivos. Registra também o afloramento do embasamento cristalino, conforme evidenciado na área.

Pontos de alta condutividade indicam a presença de material contaminante na superfície, verificado no campo e relacionado a uma camada da Formação Guabirota.

Figura 128: Assinatura geofísica em superfície na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 07 metros

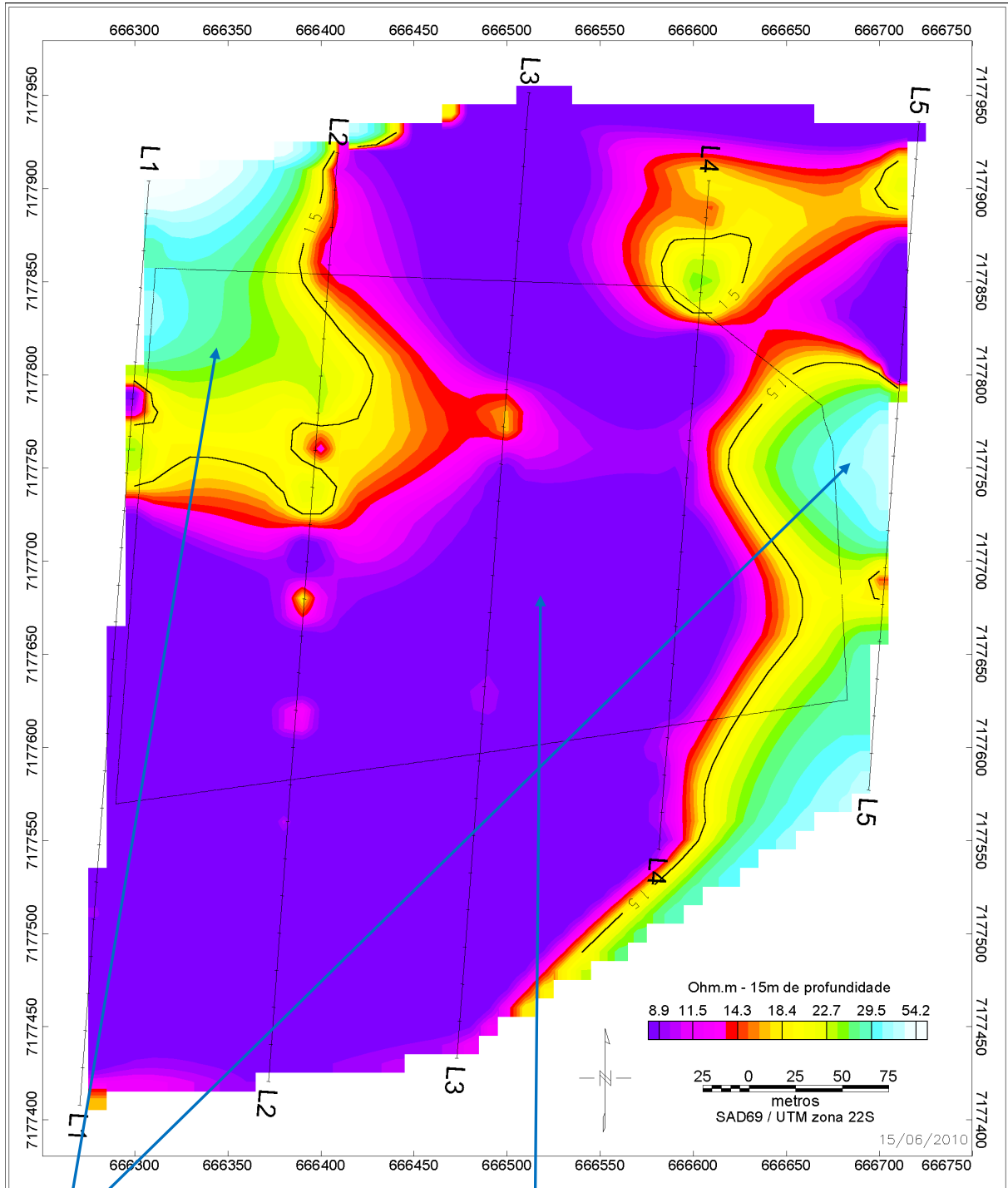


■ A característica de alta resistividade é mantida na assinatura geofísica a 7 metros de profundidade da área do depósito.

■ Pontos de alta condutividade indicam a presença de material contaminante, relacionado a uma camada da Formação Guabirota.

Figura 129: Assinatura geofísica a 7 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 15 metros

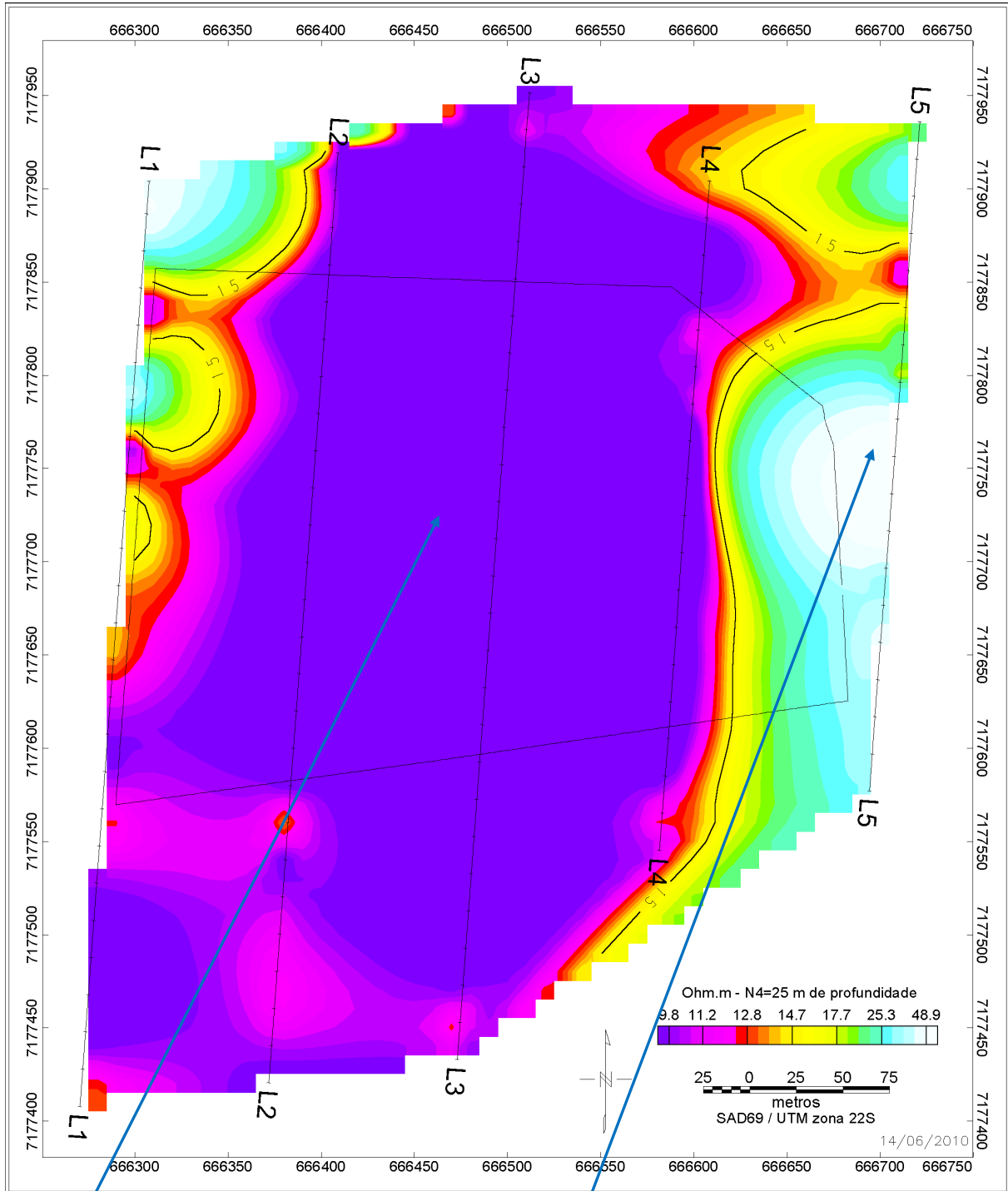


Poucos pontos de alta resistividade se apresentam na assinatura geofísica de 15 metros, associados ao embasamento cristalino.

Característica de alta condutividade a 15 metros de profundidade da área do depósito, indicam a presença de material contaminante, relacionado a uma camada da Formação Guabirotuba.

Figura 130: Assinatura geofísica a 15 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 25 metros

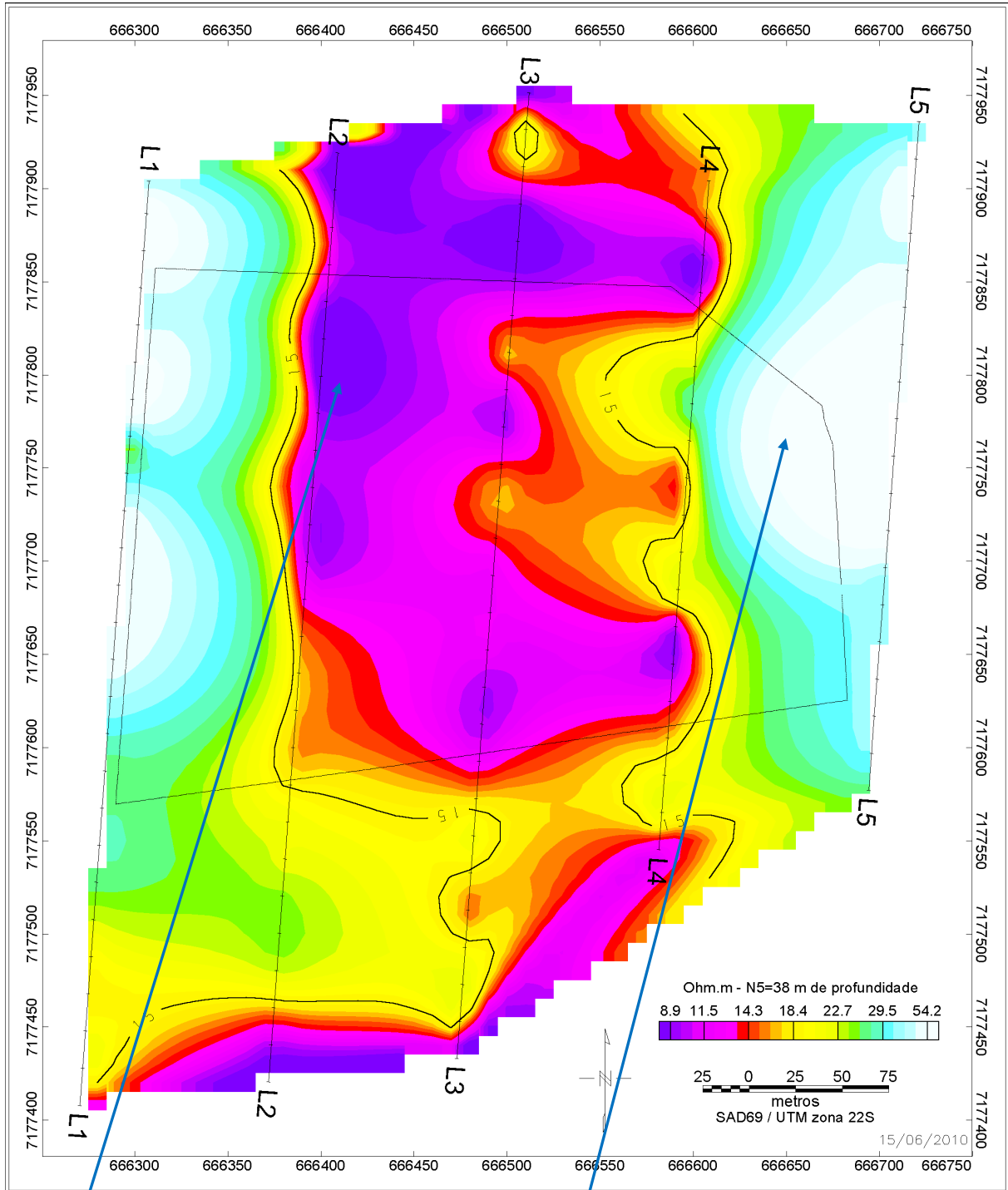


Característica de alta condutividade se mantém a 25 metros de profundidade, indicando a presença de material contaminante, relacionado a uma camada da Formação Guabirota.

Pontos de alta resistividade se apresentam, associados ao embasamento cristalino.

Figura 131: Assinatura geofísica a 25 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 38 metros



■ A 38 metros de profundidade se apresentam pontos isolados de alta condutividade.

■ Pontos de alta resistividade, associados ao embasamento cristalino.

Figura 132: Assinatura geofísica a 38 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 55 metros

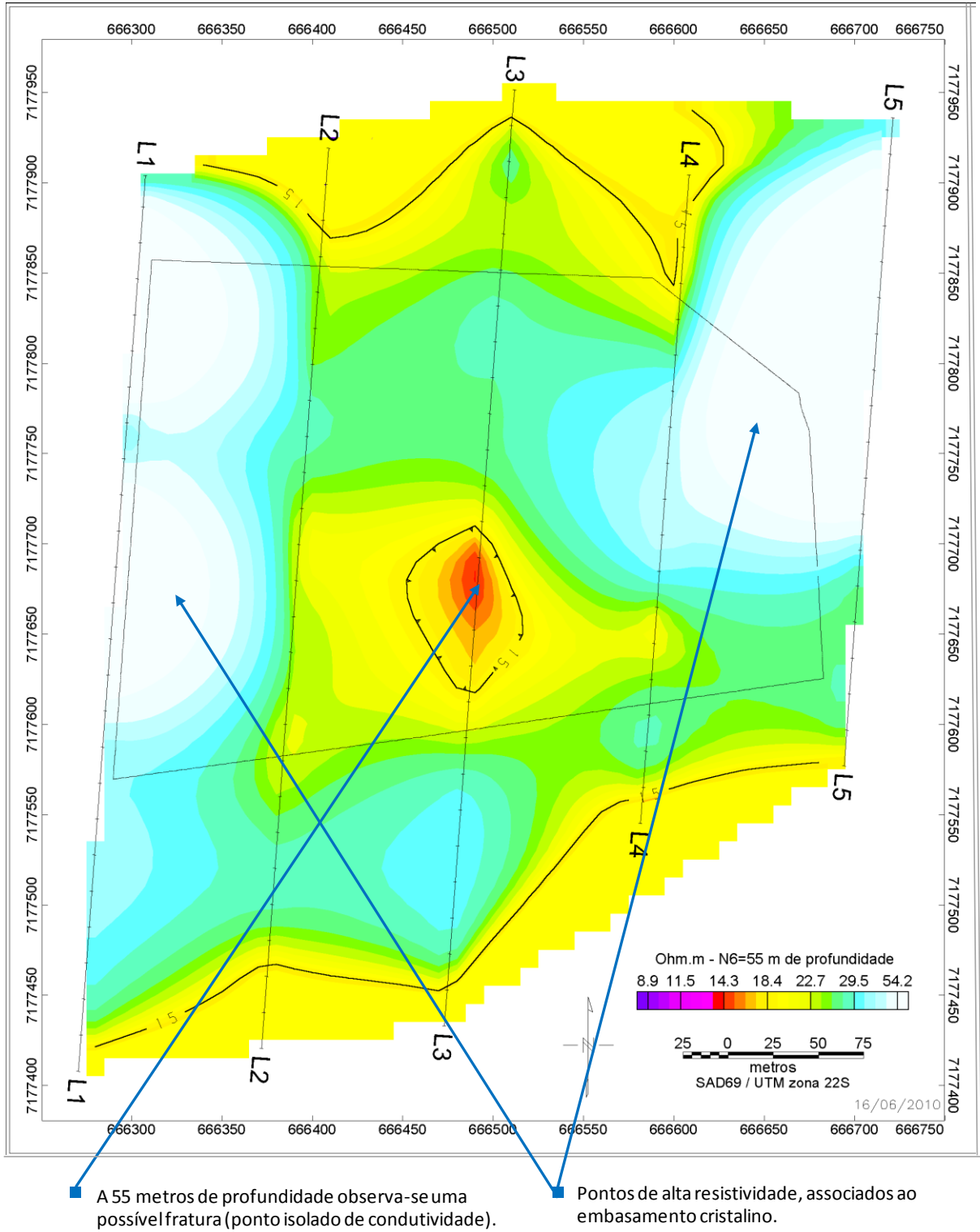
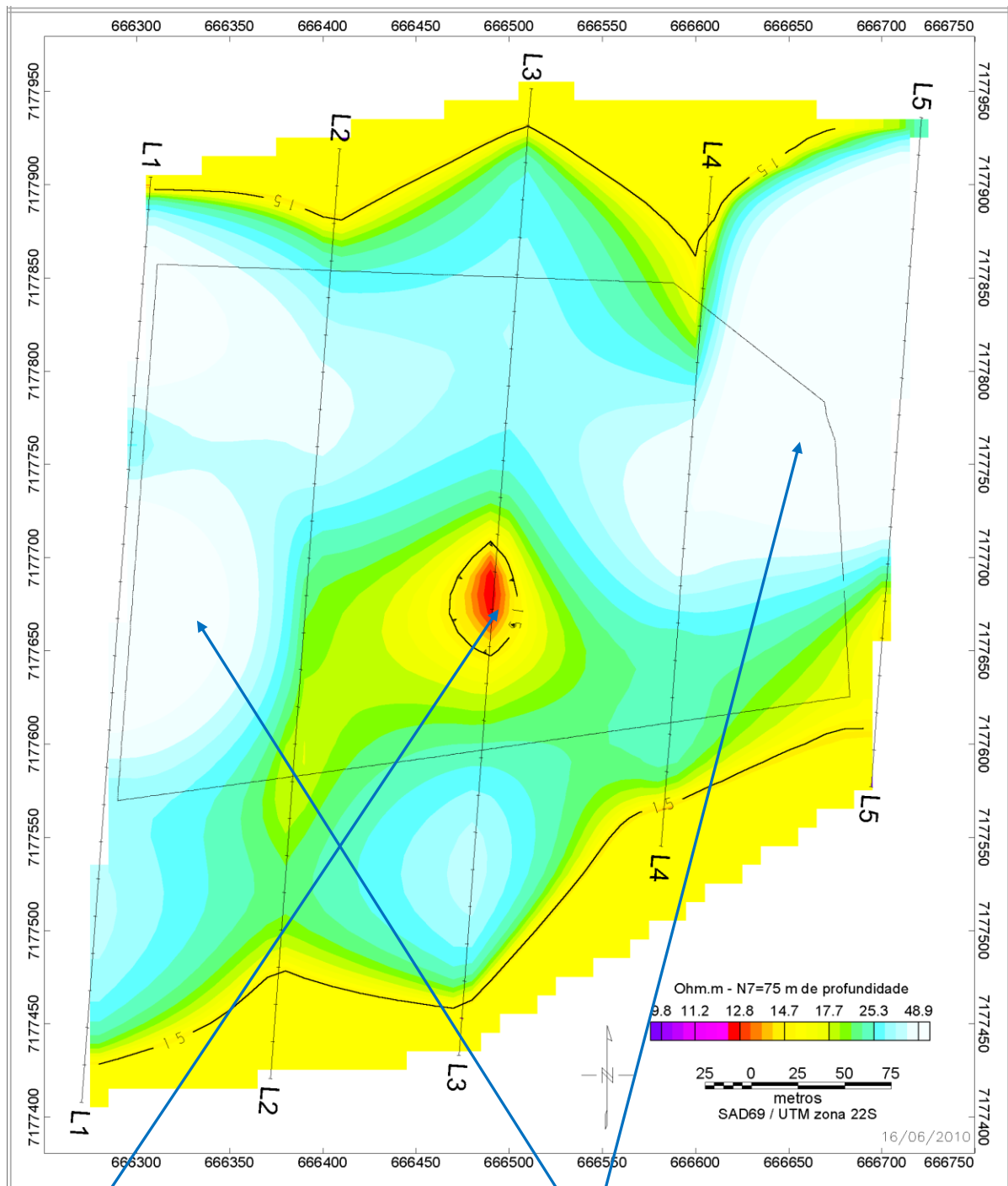


Figura 133: Assinatura geofísica a 55 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

Imagem a 75 metros



A 75 metros de profundidade há a confirmação da fratura no embasamento cristalino (ponto isolado de condutividade).

Pontos de alta resistividade, associados ao embasamento cristalino.

Figura 134: Assinatura geofísica a 75 metros de profundidade na área do depósito – vala séptica de Curitiba.

O método geofísico aplicado possibilitou um melhor entendimento da geologia e da estratigrafia da área.

Altos valores relativos de resistividade elétrica caracterizam o embasamento em superfície (Linhas L1 e L5) e em subsuperfície (todas as linhas). O material contaminante (fortemente condutivo, $< 6 \text{ Ohm.m}$), em superfície e subsuperfície, está relacionado a uma camada horizontalizada da Formação Guabirota, com espessura de até 35 metros, sugerindo infiltrações de material contaminante oriundo do depósito.

A geofísica contribuiu ainda para delinear os caminhos preferenciais do percolado, permitindo, deste modo, planejar a locação de poços de monitoramento, em tratos externos ao depósito e em profundidades compatíveis com a presença de material altamente condutivo em subsuperfície.

7.13 MOVIMENTAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

De acordo com Fetter (1992) a movimentação da pluma de contaminação é distinta dos caminhos percorridos pelas águas superficiais. Materiais mais ou menos densos que a água se comportam de maneira distinta. A pluma de contaminação, ao encontrar rochas fraturadas, pode percorrer longas distâncias em pouco espaço de tempo (Figura 135).

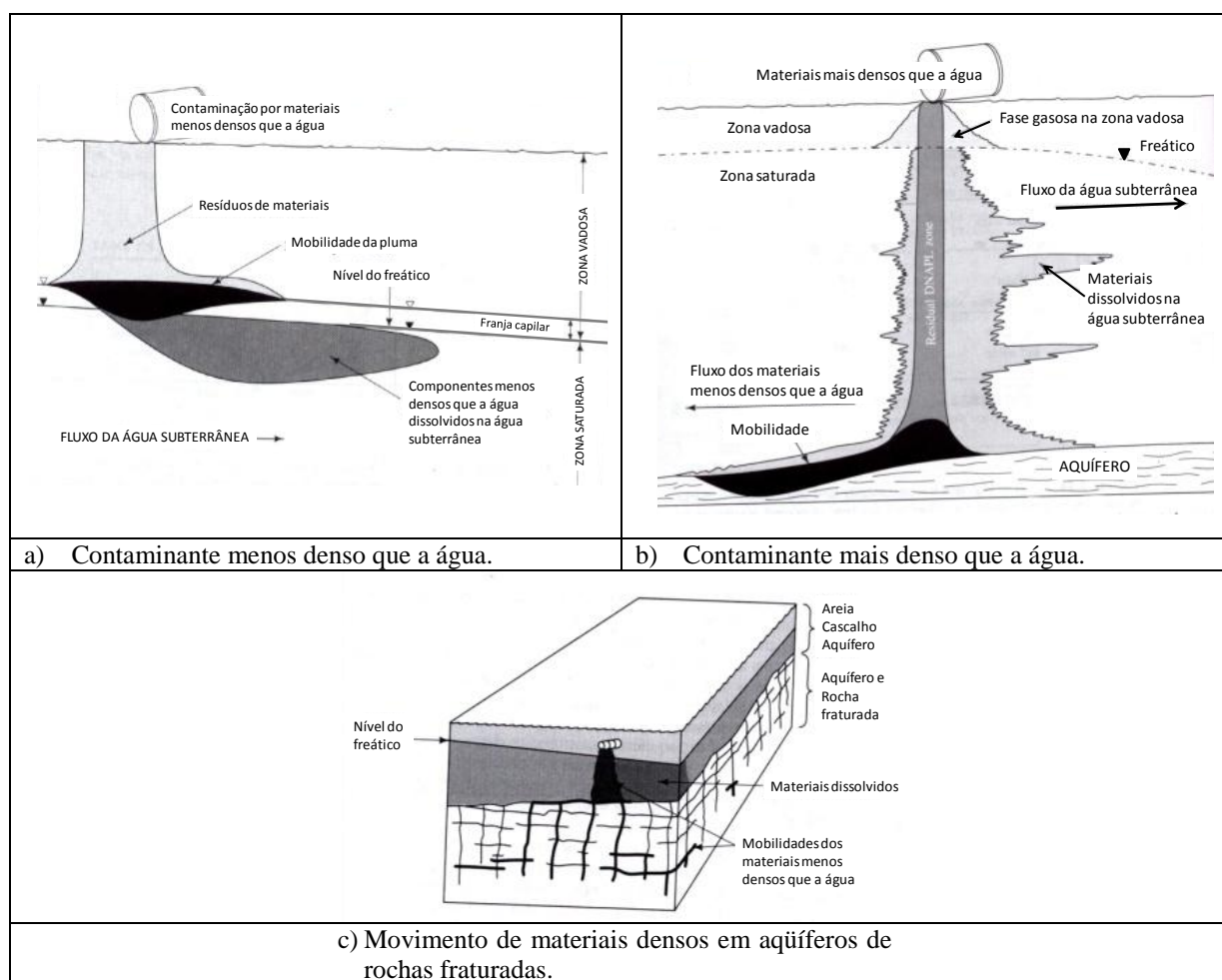


Figura 135: Contaminação de aquíferos (a, b, c) (Adaptado de FETTER, 1992).

Quanto à pluma de contaminação oriunda da vala séptica de Curitiba alcançar a Represa do Passaúna, responsável pela captação e abastecimento de água para Curitiba, pode-se concluir que:

- O rio situado ao Oeste da vala atua como uma armadilha, captando para as suas águas grande parte dos contaminantes oriundos do lado Oeste da vala.
- Sugere-se que mesmo a represa não estando situada na bacia hidrográfica do Rio Barigüí e estando a 1.700m da vala séptica, sejam instalados poços multiníveis de monitoramento entre a vala séptica e a represa do Passaúna. Este monitoramento deve ser efetuado pelas diferentes características de resíduos dispostos na vala séptica.
- Devido às características da formação do subsolo nesta região, poços de monitoramento em multinível devem ser posicionados em locais e profundidades que garantam a qualidade da área do entorno.
- A profundidade dos poços deve ser compatível com as características dos argilitos da Formação Guabirota, que atingem a profundidade de até 30 metros no lado Sudoeste do depósito.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Apesar de estar desativada desde 2005, a vala séptica gera percolados até os dias de hoje.

O monitoramento ocorrido em 1994 para a avaliação da água subterrânea já apresentava indícios de contaminação em alguns poços, apresentando acidez elevada, contaminação por coliformes totais, estreptococos, DBO e DQO acima dos limites estabelecidos.

De 2003 a 2005, a avaliação foi feita através de sete poços de monitoramento, os quais alcançavam 07 a 10m de profundidade. Foram pesquisados pH, coliformes totais, coliformes termotolerantes, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, zinco, chumbo, mercúrio, e sólidos totais dissolvidos. Indícios de contaminação continuavam presentes.

No estudo realizado em 2006 foi verificado que a água subterrânea se movimenta em várias direções. A velocidade média do fluxo analisada foi de 38,6m/ano, atingindo 132,7m/ano no sentido Noroeste. Resultados das análises de cor, DBO, DQO, turbidez e ensaios bacteriológicos para contagem de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e bactérias heterotróficas ultrapassaram os limites preconizados pela legislação.

Através do monitoramento da condutividade elétrica das águas subterrâneas, foi possível apontar a movimentação dos contaminantes. Da vala, em direção ao Sul foi observado o decréscimo de 1.042 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 583 $\mu\text{S}/\text{cm}$, chegando a 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O menor valor avaliado foi de 19 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugerindo que esta seria a condição normal para a qualidade da água subterrânea da região.

A qualidade das águas superficiais e subterrâneas na presente pesquisa foi avaliada, através de ensaios de toxicidade e análises físico-químicas. Foi verificada ainda a persistência de patógenos, componentes ativos e metabólitos de medicamentos. Características do subsolo e a análise sobre a extensão da contaminação da área da vala séptica foram obtidas por ensaio geofísico.

8.1 ENSAIOS DE TOXICIDADE

Apesar dos parâmetros alumínio, manganês, DBO, sulfeto, condutividade, fenol, coliformes totais e *Escherichia coli* estarem acima do estabelecido na legislação federal, no bioensaio de toxicidade aguda com o *Vibrio fischeri* não foi observado efeito significativo de inibição de luminescência. Na avaliação do organismo teste *Daphnia magna*, não foi observada imobilidade dos organismos. Os ensaios toxicológicos com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* são realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana. Os resultados indicam que a qualidade da água do local, mesmo quimicamente comprovada como contaminada, apresentaria condições de uso.

Através do *Comet assay* foi verificado que ocorreram danos ao DNA dos peixes expostos na água oriunda da lagoa e do córrego próximo à vala séptica de Curitiba. Foram observados danos de Classe II a IV, de acordo com a classificação de Speit & Hartmann (1999).

Desta forma, conclui-se:

O ensaio com peixes, como o *Comet assay*, apresenta elevada sensibilidade e é altamente indicado para avaliar a qualidade de águas.

O teste do *Micronucleus Pisceo Test* pode ser considerado menos sensível que o *Comet assay*.

O período de 96 horas pode ter sido insuficiente para provocar danos ao DNA no teste do *Micronucleus Pisceo Test*.

As águas do córrego e lagoa próximas ao depósito de resíduos dos serviços de saúde estão impactadas e possibilitam o dano ao DNA de peixes.

O bioensaio de toxicidade aguda com o *Vibrio fischeri* e a avaliação do organismo teste *Daphnia magna* não possibilitaram indicar a qualidade negativa das águas do córrego e lagoa próximas a vala séptica de Curitiba.

8.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Devido aos riscos apresentados nos ensaios de toxicidade aguda, a pesquisa se estendeu a mais dois pontos de coleta de águas superficiais, no mesmo córrego à montante: ponto ESSENCIS e ponto TOSHIBA. Os resultados obtidos foram confrontados com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005a) para o enquadramento e classificação de corpos de água para rios de Classe 2 e sugerem a ação antrópica para o impacto negativo na qualidade das águas no entorno da vala séptica de Curitiba.

Conclui-se que:

O córrego e lagoa situados ao Oeste e Leste da vala séptica de Curitiba, em outras circunstâncias, poderiam ter suas águas classificadas como Classe 1, pois suas nascentes estão a menos de 200m dos pontos analisados.

Ultrapassaram os limites do estabelecido pelo CONAMA (2005a): alumínio, condutividade elétrica, fenol, manganês, óleos e graxas e sólidos totais.

8.3 PERSISTÊNCIA DE PATÓGENOS

No início de 2010 ocorreu a movimentação de terra para a realização da canalização e direcionamento das águas pluviais do depósito de resíduos dos serviços de saúde. A menos de 60cm de profundidade ficaram expostos bolsas transfusionais, kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, recipientes de sobras de amostras de laboratório, bolsas transfusionais e demais recipientes resultantes do processo de assistência à saúde. Estes materiais expostos evidenciaram a fragilidade do empreendimento.

Foram pesquisados nas águas superficiais dos pontos ESSENCIS, TOSHIBA, córrego e lagoa os parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *Escherichia coli*.

Conclui-se que:

Em todos os pontos analisados os parâmetros excederam o limite estabelecido pelo CONAMA (2005a) para microorganismos em águas Classe 2.

A pesquisa se estendeu para a análise das águas oriundas de uma vertente do talude do depósito, denominado de percolado da vala, e a duas nascentes próximas ao empreendimento.

Conclui-se que:

Mesmo a vala estando desativada há cinco anos, ainda estão sendo veiculados, através de seu percolado, os microorganismos coliformes, *Escherichia coli*, enterococos, clostrídios sulfito redutores e *Pseudomonas aeruginosa*.

Particularmente em hospedeiros enfraquecidos, os microorganismos patogênicos encontrados possibilitam a transmissão de doenças como a pneumonia necrotizante, colecistite gangrenosa, sepse, meningite clostridioses, infecção do trato urinário, infecções sanguíneas e meningite.

Quando da implantação do projeto urbanístico e de estruturação turística para a preservação do afloramento geológico situado ao Leste da vala séptica de Curitiba, cuidados adicionais devem ser considerados devido à possível contaminação presente nas águas de drenagem oriundas da área do depósito de resíduos dos serviços de saúde.

Ao analisar a legislação brasileira e comparando-a com as legislações alemãs e austríacas, foi possível sugerir critérios mais restritivos para o controle e avaliação da persistência de microorganismos nas águas.

Para a água destinada ao consumo humano, de acordo com a legislação brasileira pesquisada, não há garantia que a água que sai da torneira esteja isenta dos microorganismos enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* e *Clostridium perfringens*. Apenas a legislação da ANVISA (2005) para água mineral e natural engarrafada determina a pesquisa destes parâmetros e apresenta padrões para interferência.

É sugerido:

Que o controle efetuado na água natural envasada seja estendido para demais águas destinadas ao consumo humano. Que seja avaliada a presença dos microorganismos *Escherichia coli*, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa*, coliformes termotolerantes e totais e *Clostridium perfringens* e contagem de colônias a 22°C e 36°C nas águas dos reservatórios e que é distribuída nas redes e nas águas de fontes, nascentes e poços.

Para os estabelecimentos com potencial risco de persistência de microorganismos em seus efluentes é sugerido:

Que além das condições já estabelecidas, o órgão de controle ambiental solicite a análise nos seus efluentes dos parâmetros microbiológicos *Escherichia coli*, Enterococos, *Pseudomonas aeruginosa*, coliformes totais, *Clostridium perfringens* (incluindo esporos) e número de colônias a 22°C e 36°C.

8.4 PRESENÇA DE COMPONENTES ATIVOS E METABÓLITOS DE MEDICAMENTOS

Os medicamentos, uma vez administrados, estão sujeitos ao metabolismo do paciente e podem ser excretados de forma inalterada ou na forma de metabólitos ao meio ambiente. Muitos destes compostos não são biodegradados e se descarregam nas águas receptoras. O mesmo pode ocorrer quando há o descarte inadequado de medicamentos, seja pela descontinuidade do tratamento ou por se encontrarem com a data de validade vencida. Além dos estabelecimentos de saúde que podem dispor nos seus efluentes estes componentes ativos e metabólitos, o uso veterinário e a população em geral são fontes de geração de MPHPs.

Ciente da difícil degradabilidade dos MPHPs foi pesquisada a presença de medicamentos em águas superficiais e subterrâneas da área do entorno da vala séptica de Curitiba.

Conclui-se que:

A presença dos MPHPs em águas subterrâneas dos poços de monitoramento PM12 e PM14 confirmam a persistência e difícil biodegradabilidade destes materiais.

Mesmo após o encerramento da disposição de resíduos hospitalares, há cinco anos, foi constatado nos poços de monitoramento PM12 e PM14, além dos fármacos Carbamazepina, ácido Clofíbrico e Primidona, a presença de Paraxanthine, cafeína, Phenazone, Lopamidol, Diazepam, Ibuprofen e Diclofenac.

Nas águas do córrego, situado ao Oeste da vala, foi constatada a presença de Carbamazepina e traços de cafeína.

Há a movimentação da pluma de contaminação dos poços de monitoramento do depósito de resíduos dos serviços de saúde até o córrego e lagoa.

Na lagoa, situada ao Leste, estavam presentes a Carbamazepina e traços de Paraxanthine, cafeína, Phenazone e Lopamidol.

Foram registrados traços de herbicidas e produtos químicos (Atrazina, Desethylatrazina, Desisopropylatrazina, 1h-Benzotriazole, Tolyltriazole) nas águas do córrego e lagoa.

As contaminações das águas superficiais pesquisadas também têm contribuição de atividade externa à vala séptica. Herbicidas não foram detectados nos poços de monitoramento PM12 e PM14.

Sugere-se que sejam regulamentados valores máximos para fármacos em águas subterrâneas para abastecimento público, tendo por base o estabelecido na legislação alemã para produtos fitofarmacêuticos e biocidas.

A quantidade individual de fármaco não deverá ultrapassar 0,1µg/L, devendo haver intervenção caso seja detectado 0,5µg/L. A soma de fármacos não deverá ultrapassar 0,5µg/L, devendo haver intervenção caso seja detectado 2,5µg/L.

Concluiu-se que:

A eliminação de medicamentos persistentes no meio ambiente, através da substituição por fármacos biodegradáveis, deveria ser pela obrigatoriedade imposta pela legislação.

É sugerido ainda:

Que na embalagem e/ou na bula dos medicamentos seja informado aos consumidores (OLEJNICZAK & SPINDLER, 2004):

“Medicamentos que já não são necessários **não devem ser eliminados na canalização ou no sistema de drenagem municipal. Devolva-os a uma farmácia ou pergunte ao seu farmacêutico** como eliminá-los de acordo com os regulamentos nacionais. Estas medidas irão ajudar a proteger o meio ambiente” (grifo do autor).

Que estudos adicionais sejam realizados para verificar a persistência de fármacos em águas superficiais e subterrâneas em demais áreas de interesse. Estas pesquisas possibilitarão avaliar o risco da exposição contínua aos MPHPs e técnicas para a depuração das águas contaminadas.

8.5 CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO

As características do subsolo e a extensão da contaminação da área da vala séptica de Curitiba foram avaliadas pelo emprego do método da eletrorresistividade. Os dados geofísicos foram tomados ao longo de cinco perfis utilizando-se do arranjo dipolo-dipolo. As seções foram investigadas com AB=MN=20 metros com 06 (seis) níveis de investigação e atingiu a profundidade de 75 metros.

O método geofísico aplicado possibilitou um melhor entendimento da geologia e da estratigrafia da área.

Foram registrados altos valores relativos de resistividade elétrica, que caracterizam, em todas as linhas, as rochas do embasamento cristalino em superfície e em subsuperfície.

O material contaminante (fortemente condutivo, < 6 Ohm.m) está presente em superfície e subsuperfície, e está relacionado a uma camada horizontalizada da Formação Guabirota, a qual apresenta espessura de até 35 metros, sugerindo infiltrações de material contaminante oriundo do depósito.

Através do ensaio geofísico foi possível delinear os caminhos preferenciais do percolado. Com estes dados será possível planejar a locação de poços de monitoramento, em locais externos ao depósito e em profundidades compatíveis com a presença de material altamente condutivo em subsuperfície.

Devido às características da formação do subsolo nesta região, poços de monitoramento em multinível deverão ser posicionados em locais e profundidades que garantam o controle da qualidade da área do entorno.

Quanto à possibilidade da pluma de contaminação alcançar a Represa do Passaúna, responsável pela captação e abastecimento de água para Curitiba, pode-se concluir que:

O córrego situado ao Oeste da vala atua como uma armadilha, captando para as suas águas grande parte dos contaminantes oriundos do lado Oeste da vala séptica de Curitiba.

Sugere-se que:

Mesmo a represa não estando situada na bacia hidrográfica do rio Barigüí e estando a 1.700m da vala séptica de Curitiba, sejam instalados poços multiníveis de monitoramento entre a vala séptica e a represa do Passaúna.

A profundidade dos poços deve ser compatível com as características dos argilitos da Formação Guabirota, que atingem a profundidade de até 30 metros no lado Sudoeste do depósito.

Situada topograficamente em um divisor de águas a vala séptica de Curitiba possui ocorrência de vertentes preferenciais que contribuem para o aumento da vazão dos córregos locais. Os materiais expostos durante a movimentação de terra para a realização da canalização e direcionamento das águas pluviais da vala séptica evidenciaram a fragilidade do empreendimento. Sugere-se que:

Seja implantada uma camada selante superficial por toda a área onde ocorreu a disposição de resíduos, a qual minimizará a entrada de água pluvial. Esta camada contribuirá para a diminuição da geração de percolado.

Estudos adicionais na área da vala séptica de Curitiba deverão ser executados. O ensaio geofísico sugere que parte do percolado permanece em subsuperfície e outra parte segue pela superfície, alcançando o rio Barigüí. As avaliações de parâmetros microbiológicos e de genotoxicidade devem ser estendidas, possibilitando sinalizar o risco que a população poderá estar exposta ao entrar em contato com estas águas. Deverá ser verificado se há a possibilidade de remediação natural ou se serão necessárias interferências adicionais para a minimização da geração do percolado até a sua completa neutralização.

REFERÊNCIAS

- ABNT. 1994. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133:1994 - Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro: ABNT. 35p.
- ABNT. 2004. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT. 71p.
- ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. Boi. Div. Geol. Min., Rio de Janeiro, 241:36.
- AMBIENTE BRASIL. 2010. Bactérias (geral e variedades). Ambiente Brasil. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/artigos_de_biotecnologia/bacterias_\(geral_e_variedades\).html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/artigos_de_biotecnologia/bacterias_(geral_e_variedades).html). Acessado em 10 de julho de 2010.
- ANVISA. 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC N° 275, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. 3p.
- ANDREOLI, C. L. 2003. Mananciais de Abastecimento: Planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu, SANEPAR, Curitiba, 494p.
- AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg.
- APHA. 2005. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater 21^a ed. Washington.
- ARCHELA E., YAMAMOTO J.K. 2008. Identificação e Tendência na Distribuição das fácies Sedimentares Presentes na Bacia de Curitiba – PR. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba, Anais, p.121.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; REIS NETO, J. M. O. 1990. O Batólito Paranaguá. Proposição, idade, considerações petrogenéticas e implicações tectônicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Natal. Anais...Natal: SBG, 4:1684-1699.
- BELPAEME, K.; COOREMAN, K.; KIRSCH-VOLDERS, M. 1998. Development and validation of the in vivo alkaline comet assay for detecting genomic damage in marine flatfish. Mutation Research, 415(3):167–184.
- BERLINER LISTE. 2005. Bewertungskriterien für die Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen in Berlin. (Auszüge) Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) und Sanierungsbeürftige Schade (SSW) für Grundwasser ($\mu\text{g/L}$) Anorganische und Organische Stoffe – GFS.10p.
- BIOLÓGICA. 2006a. Investigação e diagnóstico do passivo ambiental da vala séptica de Curitiba: histórico da implantação e operação. Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. Estudo realizado para a Prefeitura Municipal de Curitiba – SMMA – Secretaria Municipal do meio Ambiente, através da ordem de serviço N° 138-2005 – SMMA. Disponibilizado na SMMA de Curitiba.
- BIOLÓGICA. 2006b. Diagnóstico do Passivo Ambiental da Vala Séptica de Curitiba e definição de diretrizes para a elaboração do plano de recuperação e monitoramento ambiental. Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. Trabalho disponibilizado na SMMA de Curitiba.

- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. 1957. Aspectos geográficos e geológicos da cidade de Curitiba. Cad. Miner. e Petr. Geol. Fac. Cat. Filos.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. 1959. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. Inst. Biol. Pesq. Tecnologia, 40:1-14.
- BOMBAIL, V.; AW, D.; GORDON, E.; BATTY, J. 2001. Application of the comet and micronucleus assays to butterfish (*Pholis gunnellus*) erythrocytes from the Firth of Forth, Scotland. Chemosphere. 44:383–392.
- BOSCARDIN, C.R. 2008. A gestão de bacias hidrográficas urbanas: a experiência de Curitiba. Dissertação de mestrado. Pós graduação em Gestão Urbana – CCET. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Disponível em: http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_arquivos/15/TDE-2008-12-04T160229Z-992/Publico/Claudia%20Boscardin.pdf. Acessado em 12 de abril de 2009.
- BOSCOV, M.E.G. 2008. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos. 248p.
- BOUWER, H.; RICE, R.C. 1976. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. Water Resources Research, 12(3):423-428.
- BRAGA, A.C.O. 2007. Métodos Geoeletricos Aplicados nos Estudos de Captação e Contaminação de Águas Subterrâneas. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Departamento de Geologia Aplicada – DGA da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. Rio Claro. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/BRAGA/Geofisica/Geoeletricos-V4.pdf>. Acessado em 28 de julho de 2010.
- BRUNNHUBER, S.; FRAUENKNECHT, S.; LIEB, K. 2005. Intensivkurs Psychiatrie und Psychotherapie . Urban & Fischer: München, p.60.
- CANALI, N.E.; MURATORI, A.M. 1981. Síntese da evolução geomorfológica da Bacia sedimentar de Curitiba. In: 3º Simpósio Regional de Geologia – Atas, v2. Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo de São Paulo: Curitiba.
- CARRASCO, K.R.; TILBURY, K.L.; MYERS, M.S. 1990. Assessment of the piscine micronucleus test as in situ biological indicator of chemical contaminant effects. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47:2123–2136.
- CETESB. 1993. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Clostridium perfringens* - determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos - método de ensaio. São Paulo. 28 p.
- CETESB. 1999. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Métodos Geofísicos. Projeto CETESB – GTZ atualizado em 11/1999. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/6200.pdf. Acessado em 28 de julho de 2010.
- CHOPRA, D.; FORD, D.; WILLIAMSON, M. (2010). O Efeito Sombra. São Paulo: Lua de Papel. p.72-256p.
- CNEN, 1985. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN – NE – 6.05: Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas.

- COLLINS, A.; DUSINSKÁ, M.; FRANKLIN, M.; SOMOROVSKÁ, M.; PETROVSKÁ, H.; DUTHIE, S.; FILLION, L.; PANAYIOTIDIS, M.; RASLOVÁ, K.; VAUGHAN, N. 1997. Comet assay in human biomonitoring studies: reliability, validation, and applications, *Environ. Mol. Mutagen.* 30(2):139–146.
- CONAMA. 2001. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°274. Recomenda a adoção de sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas. 3p. Ministério do Meio Ambiente.
- CONAMA. 2005a. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 23p. Ministério do Meio Ambiente.
- CONAMA. 2005b. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°358: Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. 9p. Ministério do Meio Ambiente.
- CONAMA. 2008. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°396: Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 16p. Ministério do Meio Ambiente.
- CONAMA. 2009. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°420: Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. 16p. Ministério do Meio Ambiente.
- CONGRESSO NACIONAL. 1981. LEI N° 6.938. 1981. Lei N° 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acessado em 04 de outubro de 2008.
- CONSTITUIÇÃO FEDERAL. 1988. Senado Federal. Secretaria Especial de Editoração e Publicações.
- CÓRDOBA, I.A.; RODRIGUEZ, J.M. 2004. Degradación electroquímica del diclofenaco en disolución acuosa. Tese de Doutorado. Escola Universitaria d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, 79p.
- CSET. 2010. Centro Superior de Educação Tecnológica. Tecnologia em Saneamento Ambiental. Coliformes totais e fecais – Detecção em amostras de água através do teste de Presença-Ausência (P/A), segundo CETESB – L5.240. Roteiro de aula prática. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: www.ceset.unicamp.br. Acessado em 03 de março de 2010.
- DETJENS, J. 1998. Abbauverhalten von Clofibrinsäure im aquatischen System. Tese de doutorado apresentado ao Departamento de Hidrogeologia da Universidade Técnica de Berlim. 130p.
- DPD Ferrous Titrimetric Method. 2005. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF.

- DRUGS@FDA. 2010. Approval History. United States Food and Drug Administration Center for Drug Evaluation and Research. Disponível em: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cder/drugsatfda/index.cfm?fuseaction=Search.Label_ApprovalHistory#apphis. Acessado em 27 de janeiro de 2010.
- DVGW. 2001. Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch Trinkwasserverordnung - vom 21.5.2001. 46p.
- DVGW. 2011. Trinkwasser und gesundheit. <http://www.dvgw.de/wasser/trinkwasser-und-gesundheit/spurenstoffe/arzneimittel>. Acessado em 31 de janeiro de 2011.
- ÉBOLI. G.B. 2003. Mercado de Medicamentos no Brasil. FEPAFAR. Disponível em: http://www.femeba.org.ar/fundacion/quienessomos/Novidades/congreso_genericos/eboliauditario1630hs.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- ERBE, M.C.L. 2001. Resíduos dos Serviços de Saúde: Riscos, Gestão e Soluções Tecnológicas. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Educação e Tecnologia (PPGTE) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: www.ppgte.cefetpr.br/2001.htm.
- ERBE, M.C.L.; RAMSDORF, W.A.; VICARI, T.; CESTARI, M.M. 2010. Toxicity evaluation of water samples collected near a hospital waste landfill through bioassays of genotoxicity piscine micronucleus test and comet assay in fish *Astyanax* and ecotoxicity *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*. Vol20, n2. Disponível em: <https://springerlink3.metapress.com/content/55205301g4610165/resourcesecured/?target=fulltext.pdf&sid=kdgyili5vlfpcm55leow1d3d&sh=www.springerlink.com>.
- ERBE, M.C.L. 2010. Registro fotográfico da pesquisa - Riscos de contaminação pela disposição de resíduos dos serviços de saúde: vala séptica de Curitiba/PR.
- ESSENCIS. 2010. Essencis Soluções Ambientais S/A – Unidade Curitiba. Disponível em: <Http://www.Essencis.Com.Br/Solucoes-Ambientais/Tratamento-E-Destinacao-De-Residuos/Aterro-Classe-I-E-Ii>. Acessado em 13 de maio de 2010.
- FELL, H. 1997. Untersuchungen zum Transportverhalten von Clofibrinsäure. Tese de doutorado apresentado ao Departamento de Hidrogeologia da Universidade Técnica de Berlim. 58p.
- FENT, K.; WESTON, A.; CAMINADA, D. 2006. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic toxicology*. p.122–159.
- FENZL N. (1988). Introdução à Hidrogeoquímica. Belém: Universidade Federal do Pará. 189p.
- FERRARO, M.V.; FENOCCHIO, A.S.; MANTOVANI, M.S., OLIVEIRA-RIBEIRO, C.A.; CESTARI, M.M. 2004. Mutagenic effects of tributyltin (TBT) and inorganic lead (PbII) on the fish *H. malabaricus* as evaluated using the comet assay, piscine micronucleus and chromosome aberrations tests. *Genetics and Molecular Biology*. 27(1):103–107.
- FERREIRA, M.C.S. 2005. *Clostridium*. *Microbiologia* 4ed. São Paulo: Atheneu. p.383-389.
- FETTER, C.W. 1992. Contaminant hydrogeology. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 458 p.
- FILL, H.D.; SANTOS, I.; FERNANDES, C.; TOCZEK, A.; OLIVEIRA, M.F. 2005. Balanço hídrico da bacia do Rio Barigüi, PR. R. RA'E GA Curitiba: UFPR.n.9, p.59-67. Disponível em: <ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/download/3447/2724>. Acessado em 10 de novembro de 2010.

- FISPQ ATRAZINA, 2010. Ficha de informações de segurança de produtos químicos: Atrazina NORTOX 500 SC - FISPQ n°: 04/2002 - Data da última revisão: 19/08/2004. Disponível em: http://www.nortox.com.br/imagens/produtos/atrazina_fispq.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- FROEHNER,S.; MARTINS, R.F. 2008. Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na Região Metropolitana de Curitiba. São Paulo:Química Nova. v31 n.8.
- GOMES, S. L. 1995. Engenharia Ambiental e Saúde Coletiva. Salvador: Universidade Federal da Bahia. 82p.
- GOMES, L.C.; CHIPARI-GOMES, A.R.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. 2001. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*, J.World Aquacult. Soc. 32(4):426–431.
- GOMES, M.J.P. 2007. Gênero *Clostridium* spp. LABACVET, Microbiologia Clínica. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/labacvet/pdf/clostridium.pdf>. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- GOOGLE. 2011. Dados cartográficos. <http://maps.google.com.br>. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- GÖTTINGEN, 2010. Lista de componentes persistentes na água: águas residuárias e aquíferos. Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de Göttingen/Alemanha em 2010.
- HEATH R. 1982. Hidrologia Básica de Água Subterrânea. Traduzido de: Geological Survey water-supply paper. United States Government Printing Office, Washington. p.81
- HEBERER, T. 2002. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of Hydrology*. 266(3-4):175-189.
- HEDDLE, J.A. 1973. A rapid in vivo test for chromosome damage. *Mutation Research*. 18:187–192.
- HIGNITE, C.; AZAZNOF, D. L. 1977. Drugs and drug metabolites as environmental contaminants: chlorophenoxyisobutyrate and salicylic acid in sewage water effluent. *Life Sci*. 20:337-342.
- HOOFTMAN, R. N.; RAAT,W. K. 1982. Induction of nuclear anomalies (micronuclei) in the peripheral blood erythrocytes of the eastern mudminnow *Umbra pygmaea* by ethyl methanesulphonate. *Mutation Research*. 104:147–152.
- HOSE, J.E.; CROSS, J.N.; SMITH, S.G.; DIEHL, D. 1987. Elevated circulating erythrocyte micronuclei in fishes from contaminated of southern California. *Marine Environmental Research* 22:167–176.
- IPARDES. 2010. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Caderno Estatístico: Município de Curitiba.
- IPPUC. 2004. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Plano diretor 2004: o planejamento urbano de Curitiba. Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba: IPPUC. 110p.
- IPPUC. 2010a. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Ficha Técnica sobre o MEIO AMBIENTE. Disponível em: www.ippuc.org.br. Acessado em: 22 de novembro de 2010.

- IPPUC. 2010b. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Ortofotos da região C17 de Curitiba.
- IUK-FREIBURG. 1996. Lista de doenças adquiridas e vias de exposição. Disponibilizado pelo Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene. Freiburg/ Alemanha.
- JESUS, P.R.C. 2004. As palavras e seus efeitos na Propaganda de Medicamentos no Brasil. - uma análise semiótica, midiática e ética. UNISANTA/Santos. Centro Universitário Municipal de São Caetano do Sul. Disponível em: http://www.cit.sc.gov.br/propaganda/pdfs/artigos/propaganda_de_medicamentos.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- KALBFUS, W.; KOPF, K. 1997. First Attempts for the Ecotoxicological Assessment of Drugs in Surface Waters. Proceedings of the 51st Meeting of the Bavarian Ministry of Water Economy, Munich.
- KAROW, T.; LANG, R. 1997. Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Druckerei F. Hansen, bergisch-Gladbach, 568 p.
- KIM, I.Y.; HYUN, C.K. 2006. Comparative evaluation of the alkaline comet assay with the micronucleus test for genotoxicity monitoring using aquatic organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 64:288–297.
- KIOWA KAKO CO. 1995. Incinerador e esterilizador móvel. Japão, Catálogo de exposição.
- KRUSKAL, W.H.; WALLIS, W.A. 1952. *Journal of the American Statistical Association*. v47, n.260:583-621. American Statistical Association Stable URL. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2280779>. Acessado em 14 de julho de 2010.
- LAGO, A.L.; ELIS, V.R.; BORGES, W.R.; FACHIN, S.J.S.; SANTOS, E.C. 2006. Aplicação do método da eletrorresistividade em uma área de disposição de resíduos de óleos lubrificantes. Anais do II Simpósio Brasileiro de Geofísica, Natal, RN.
- LANKOFF, A.; BANASIK, A.; DUMA, A.; OCHNIAK, E.; LISOWSKA, H.; KUSZEWSKI, T.; GO'DZDZ, S.; WOJCIK, A. 2006. A comet assay study reveals that aluminium induces DNA damage and inhibits the repair of radiation-induced lesions in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicol Lett* 161:27–36. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427405002407>. Acessado em 14 de julho de 2010.
- LAWA. 2004. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Ableitung Von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Disponível em: http://www.lawa.de/documents/GFS-Bericht-DE_a8c.pdf. Acessado em 14 de julho de 2010.
- LEÃO, M.T.C. 2010. ABCInfecção: Check-list do controle de infecção hospitalar. Curitiba: no prelo.
- LEE, R.F; STEINERT, S. 2003. Use of the single cell gel electrophoresis/comet assay for detecting DNA damage in aquatic (marine and freshwater) animals. Elsevier Science.
- LICCARDO A., WEINSCHÜTZ L. C. 2010. Registro inédito de fósseis de vertebrados na Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). *Revista Brasileira de Geociências* 40(3): 330-338.
- LICCARDO, A; PIEKARZ, G.F.; SALAZAR JUNIOR, O; SALAMUNI, E; GIUSTI, D. A.; POITEVIN, M. K. 2010. Bacia Sedimentar de Curitiba - Geoturismo e Geoconservação. 45º Congresso Brasileiro de Geologia.

- LPGA. 2002. Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada. Projeto Imageamento Elétrico 2D e Polarização Induzida na Área do Aterro de Rolândia – PR.
- MARANGONI D.; SANTOS M. 2005. Infecção Hospitalar e seu controle. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias 2v. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p.435-459.
- MELO, M.S. 2002a. Canyon do Guartelá, PR: Profunda garganta fluvial com notáveis exposições de arenitos devonianos. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1ed. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Brasília. 01:279-288. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio094/sitio094.pdf>. Acessado em 14 de julho de 2010.
- MELO, M.S. 2002b. Lagoa Dourada, PR: Furna assoreada do Parque Estadual de Vila Velha. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1ed. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Brasília. 01:289-298. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio099/sitio099.pdf>. Acessado em 14 de julho de 2010.
- MERCK-LEXI-COMP. 2009. The Merck Manuals online Medical Library. Disponível em: http://www.merck.com/mmpe/index/ind_ca.html. Acessado em 22 de janeiro de 2010.
- MERSMANN, P. 2003. Transport- und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und -ungesättigten Zone. Tese de doutorado apresentado ao Instituto de geociências Aplicada, Technical University of Berlin, 152p.
- METCALFE, C. D. 1989. Testes for predicting carcinogenicity in fish. CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences. 1:111–129.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria N°518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 15p.
- MONICO, J.F. G. 2007. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Unesp. 287p.
- MÜLLER, B. 2010. Hydrogeologisch- hydrogeochemische Untersuchung und Bewertung des Einzugsgebietes Nuthegraben unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Rieselfeldeinstellung und des Bewässerungsüberleiters. Projeto de doutorado apresentado ao Departamento de Hidrogeologia da Universidade Técnica de Berlim.
- NLM. 2010. National Library of Medicin. Disponível em: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/druginfo/meds/a682237.html#other-information>. Acessado em: 15jan2010.
- NÖDLER, K.; LICHA, T.; BESTER, K.; SAUTER, M. 2010. Development of a multi-residue analytical method, based on liquid chromatography–tandem mass spectrometry, for the simultaneous determination of 46 micro-contaminants in aqueous samples. Journal of Chromatography A. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/chroma. doi:10.1016/j.chroma.2010.08.048.
- OLEJNICZAK, K.; SPINDLER, P. 2004. Environmental Risk Assessment of Medicinal Products for Human Use: Aspects of Its Regulations in the European Union, Canada and United States in: Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risks. K. Kümmerer, Alemanha. p.269-287.
- PARANÁ. 1992. Portaria SUREHMA N° 020/92. Dispõe sobre o enquadramento dos cursos d'água da bacia do rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná. DOE, 20 ago. 1992.

- PLUMLEE, G.S.; ZIEGLER, T.L. 2007. The Medical Geochemistry of Dusts, Soils, and Other Earth Materials in: Environmental Geochemistry. B. Sherwood Lollar, Canadá, p.265-310.
- PMC. 2004. Prefeitura Municipal de Curitiba. Decreto N°1190/2004. Define no Município de Curitiba, os parâmetros de referência para qualidade de solo e água subterrânea. 6p. Disponível em: http://www.pr.senai.br/senaiempresas/ensaioslaboratoriais/upload/Address/DECRETO_Pref_%20Munic_Curitiba_1190_2004%5B18591%5D.pdf. Acessado em 22 de janeiro de 2009.
- PONEZI, A.N.; DUARTE, M.C.T.; CLAUDINO, M.C. 2007. Fármacos em Matrizes Ambientais – Revisão. Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBAUNICAMP). Universidade Estadual de Campinas.
- REGO, R.C. 1993. Emprego da cal para a eliminação de microorganismos nos resíduos de serviços de saúde. Trabalho apresentado no Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares. Cascavel.
- RICHARDSON, M.L.; BOWRON, J.M. 1985. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. J. Pharm. Pharmacol. 37:1-12.
- RIS. 2011. Bundesrecht konsolidiert. Österreich. Gesamte Rechtsvorschrift für Trinkwasserverordnung, Fassung vom 30.01.2011. Disponível em: <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20001483>. Acessado em 30 de janeiro de 2011.
- ROQUE, A.L.R.R. 2009. Remoção de Compostos Farmacêuticos Persistentes das Águas: efeitos no Ambiente e na Saúde Humana. Dissertação apresentada no Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- SALAMUNI, E. 1998. Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista-Rio Claro. Tese de Doutorado, 214 p.
- SALAMUNI, E.; HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; EBERT, H.D. 1998. Sobre a tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR/BR). In: Cong. Uruguayo de Geologia, 2, Punta del Este. Actas, 1:10-15.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H.D.; HASUI, Y. 2004. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. Revista Brasileira de Geociências. Ed.34(4):469-478.
- SCHEYTT, T; GRAMS, S.; ASBRAND, M. 2000. Grundwasserströmung und -beschaffenheit unter dem Einfluss 100-jähriger Rieselfeldwirtschaft. Wasser & Boden, 52/9 p.15-22 © Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin. ISSN 0043-0951.
- SCHMID, W. 1975. The micronucleus test. Mutation Research. 31:9-15.
- SCHWABE; PAFFRATH. 2008. Arzneiverordnungs-Report 2008. Heidelberg: Springer. 1129p.
- SENADO FEDERAL. 2004. Decreto Legislativo N°204, de 7 de maio de 2004. Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22 de maio de 2001. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=226094>. Acessado em 30 de janeiro de 2011.

- SIGA JUNIOR, O.; BASEI, M.A.S.; REIS NETO, J.M.; MACHIAVELLI, A.; HARARA, O.M. 1995. O Complexo Atuba: um cinturão paleoproterozóico intensamente retalhado no Neoproterozóico. São Paulo, Instituto de Geociências, USP, Boletim, Série Científica. 26:69-98.
- SMMA. 2008. Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba. Projetos executivos para a recuperação do sistema de drenagem da vala séptica de Curitiba.
- SMMA. 2009. Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba. Foto aérea da vala séptica de Curitiba. Centro de Geoprocessamento. Disponibilizada em 04 de agosto de 2009.
- SOLUMAN. 2011. Soluções para o meio ambiente. Prefeitura proíbe lixo de grandes geradores na Caximba (17/04/2008). Disponível em: <http://www.solumam.com.br>. Acessado em 04 de fevereiro de 2011.
- SPEIT, G.; HARTMANN, A. 1999. The comet assay (single cell gel test), a sensitive test for the detection of DNA damage and repair. In: D. S. Henderson (Ed.), *Methods in molecular biology: DNA repair protocols— eukaryotic systems*. Totowa: Human. p.203–211.
- SPINA, M.I.N.P. 2005. Características do gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde em Curitiba e análise das implicações socioambientais decorrentes dos métodos de tratamento e destino final. R. RA'E GA, Curitiba:UFPR. 9:95-106.
- STANNOUS Chloride Method. 2005. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF.
- SUDERHSA. 2002. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Sistema de informações geográficas para gestão de recursos hídricos do Alto Iguaçu. PROSAM. Curitiba: Geoambiente Sensoriamento Remoto.
- SUMMER JS. 1976. Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam, 227 p.
- TEIXEIRA, J.C. & LEAL, F.C. 2002. Desafios no controle de doenças de veiculação hídrica associadas ao tratamento e ao abastecimento de água para consumo humano. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. VII-001.
- TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. 1990. Applied geophysics. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 770 p.
- THE PIG SITE. 2010. Savaging of Piglets. Disponível em: <http://www.thepigsite.com/pighealth/article/260/savaging-of-piglets-cannibalism>. Acessado em 27 de janeiro de 2010.
- TIXIER, C.; SINGER, H.P.; OELLERS, S.; MÜLLER, S.R. 2003. Occurrence and fate of Carbamazepine, Clofibric Acid, Diclofenac, Ibuprofen, Ketoprofen and Naproxen in Surface Waters. *Environ. Sci. Technol.* 37(6):1061-1068.
- TORTORA, G.J. 2005. Microbiologia. 8ed. Porto Alegre: Artmed. p.320.
- TOSHIBA. 2010. Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda - Unidade Curitiba. Disponível em: <http://www.toshiba-tstb.com.br/sobre-a-toshiba/default.aspx>. Acessado em 13 de maio de 2010.
- UDROIU, I. 2006. The micronucleus test in piscine erythrocytes. *Aquatic Toxicology* Amsterdam: Netherlands. 79:201–204.

- VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 13:57-149.
- WILLIAMS, D. 1956. Treatment of Epilepsy with Mysoline: *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 49(8):589–91. PMID 13359420. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=1889099&pageindex=7>. Acessado em 27 de janeiro de 2010.

ANEXOS

- ANEXO 1 Características dos poços de monitoramento – 1994 a 2005.
- ANEXO 2 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas - 1994, 2003, 2004 e 2005.
- ANEXO 3 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas - 2006.
- ANEXO 4 Resultado do monitoramento efetuado em 2009 nas águas superficiais e subterrâneas da região de Berlim.
- ANEXO 5 Artigo publicado na *Ecotoxicology*. Vol20, n2. - *Toxicity evaluation of water samples collected near a hospital waste landfill through bioassays of genotoxicity piscine micronucleus test and comet assay in fish Astyanax and ecotoxicity Vibrio fischeri and Daphnia magna*.
- ANEXO 6 Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas de córrego e lagoa.
- ANEXO 7 MPHPs analisados no Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de *Göttingen/Alemanha*.
- ANEXO 8 Coordenadas das linhas levantadas na área da vala séptica de Curitiba – Linha 01 a Linha 05.
- ANEXO 9 Especificação técnica do cartucho para extração da fase sólida (Waters Corporation).
- ANEXO 10 Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas do ponto TOSHIBA.
- ANEXO 11 Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas do ponto ESSENCIS.
- ANEXO 12 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas nas nascentes situadas ao Sul da vala séptica de Curitiba.

ANEXO 1 - Características dos poços de monitoramento – 1994 a 2005

Os dados apresentados a seguir foram extraídos do trabalho “Investigação e diagnóstico do passivo ambiental da vala séptica de Curitiba: histórico da implantação e operação” e “Diagnóstico do Passivo Ambiental da Vala Séptica de Curitiba e definição de diretrizes para a elaboração do plano de recuperação e monitoramento ambiental”, elaborado pela empresa Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. e disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba.

Para a coleta das amostras das águas subterrâneas da área do entorno da vala séptica de Curitiba, em agosto de 1994, foram realizados quatro poços de monitoramento, situados nos extremos da área em ocupação. Os poços de monitoramento atingiram de 7 a 11m de profundidade. As características de solo estão apresentadas no quadro 01.

Quadro 01: Características de solo dos poços de monitoramento efetuado em 1994 (BIOLÓGICA, 2006a).

| PM1 | PM2 | PM3 | PM4 |
|--|---|---|---|
| 0,00 a 0,30 m – solo superficial 0,30 a 2,80m – argila siltosa marrom com pedregulhos | 0,00 a 0,60m – aterro argiloso siltoso | 0,00 a 1,80m – argila siltosa vermelha com manchas cinza | 0,00 a 0,60m – argila siltosa vermelha |
| 2,80 a 3,20m – argila arenosa preta muito plástica | 0,60 a 7,80m – argila siltosa marrom e cinza, com níveis arenosos | 1,80 a 7,80m – argila siltosa variegada, com níveis arcossianos | 0,60 a 8,40m - argila siltosa variegada, com níveis arcossianos |
| 3,20 a 7,00m – silte arenoso com mica, variegado, caracterizando alteração de rocha | 7,80 a 8,30m – argila siltosa, cinza com pedregulhos | 7,80 a 10,50m – silte argiloso com pedregulhos cinza | 8,40 a 11,00m – silte arenoso com mica, caracterizando alteração de rocha |

De 2003 a 2005 a vala séptica foi monitorada através da análise de águas subterrâneas oriunda de sete poços que circundavam a área de disposição dos resíduos. A tabela 01 apresenta a profundidade de construção dos poços e do nível freático.

Tabela 01: Profundidade de construção e do nível freático dos poços para os monitoramentos efetuados entre 2003 e 2005.

| POÇOS DE MONITORAMENTO | NÍVEL FREÁTICO EM RELAÇÃO À SUPERFÍCIE | PROFUNDIDADE DE CONSTRUÇÃO |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| PM5 | 1,6m | 8,0m |
| PM6 | 3,8m | 10,0m |
| PM7 | 7,6m | 10,0m |
| PM8 | 3,8m | 10,0m |
| PM9 | 7,6m | 10,0m |
| PM10 | 4,2m | 7,8m |
| PM11 | 3,4m | 7,0m |

As figuras 01 a 07 apresentam as características de construção dos poços PM05 a PM11.

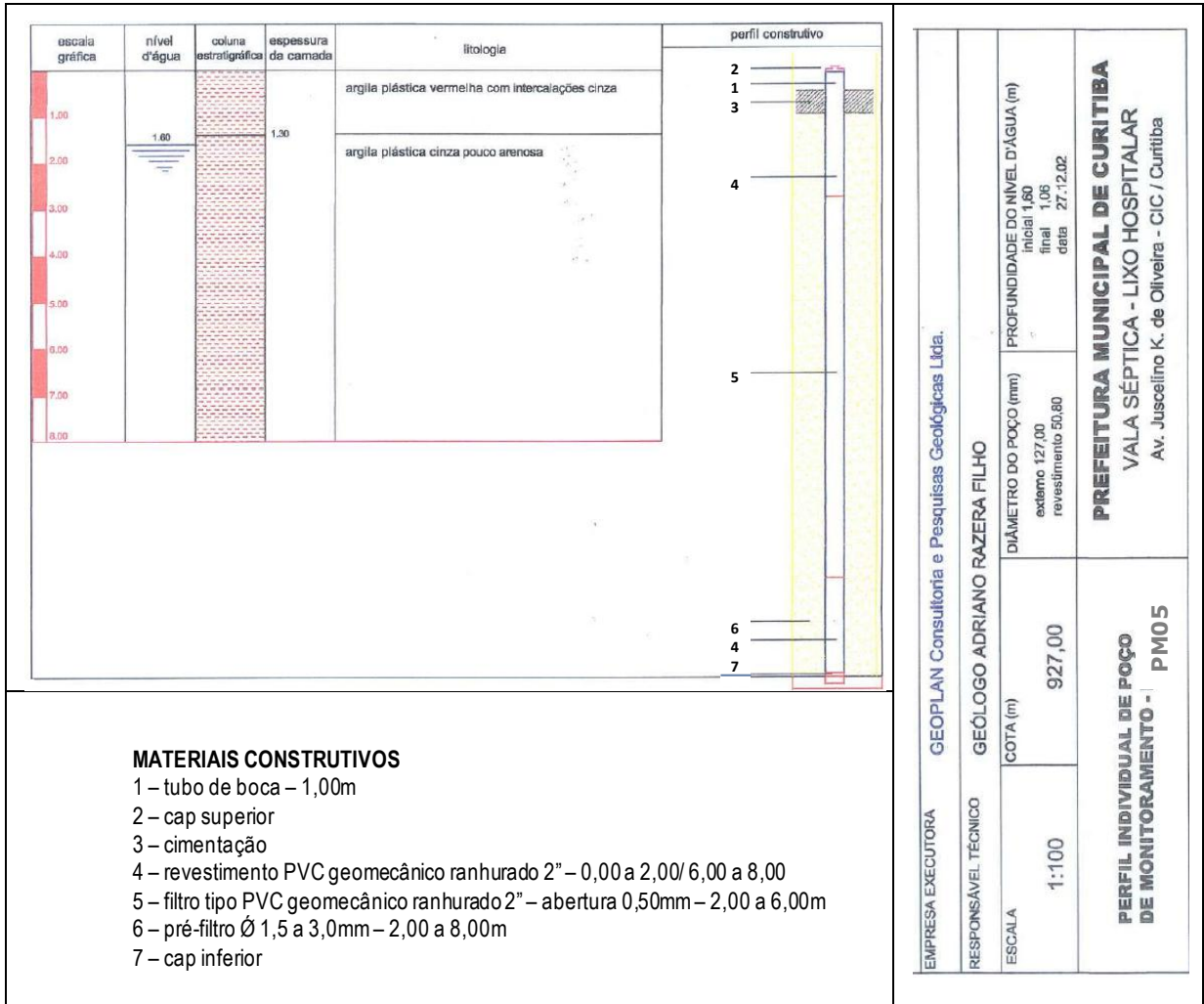


Figura 01: Perfil do poço de monitoramento 05 (monitoramento de 2003 a 2005).

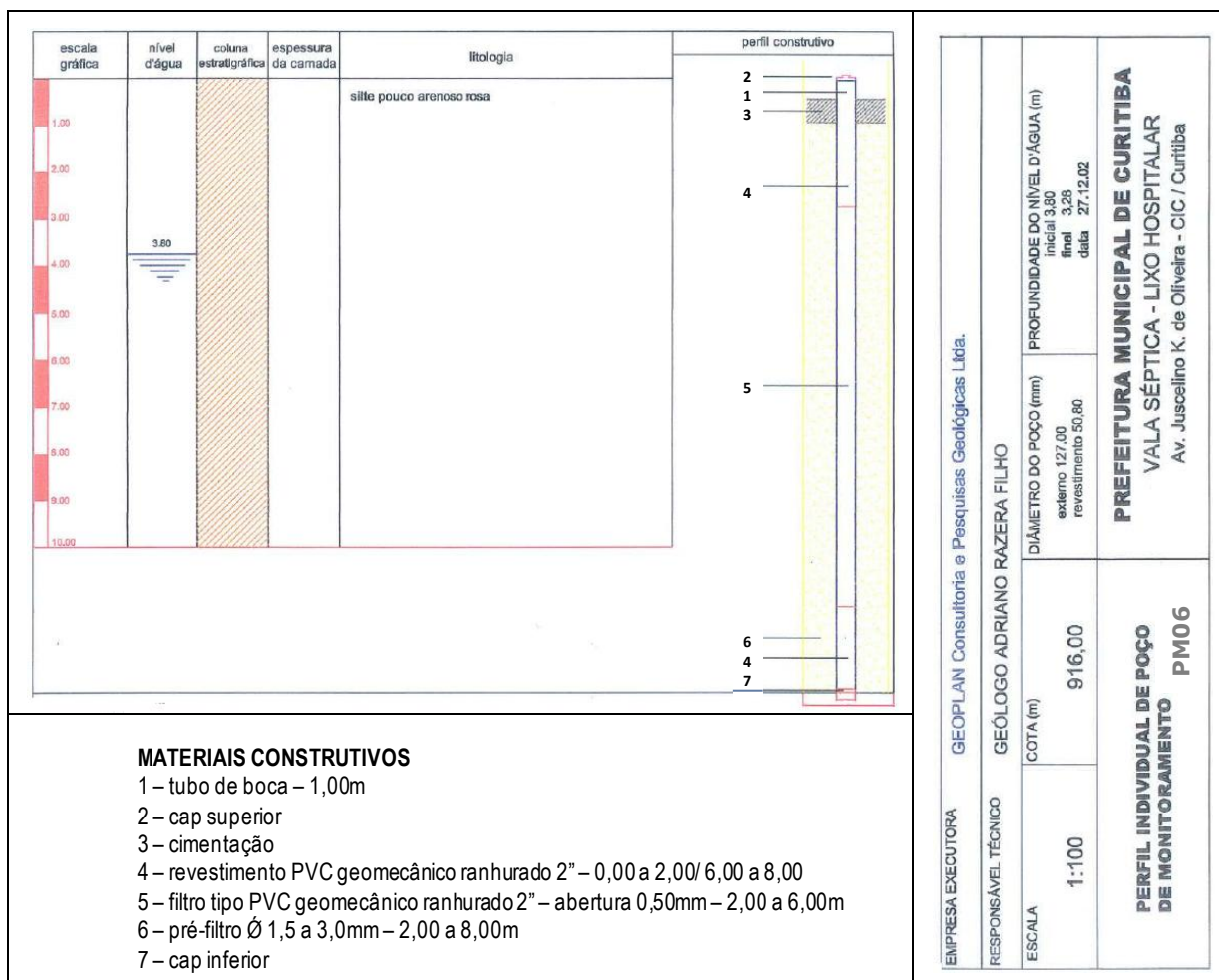


Figura 02: Perfil do poço de monitoramento 06 (monitoramento de 2003 a 2005).

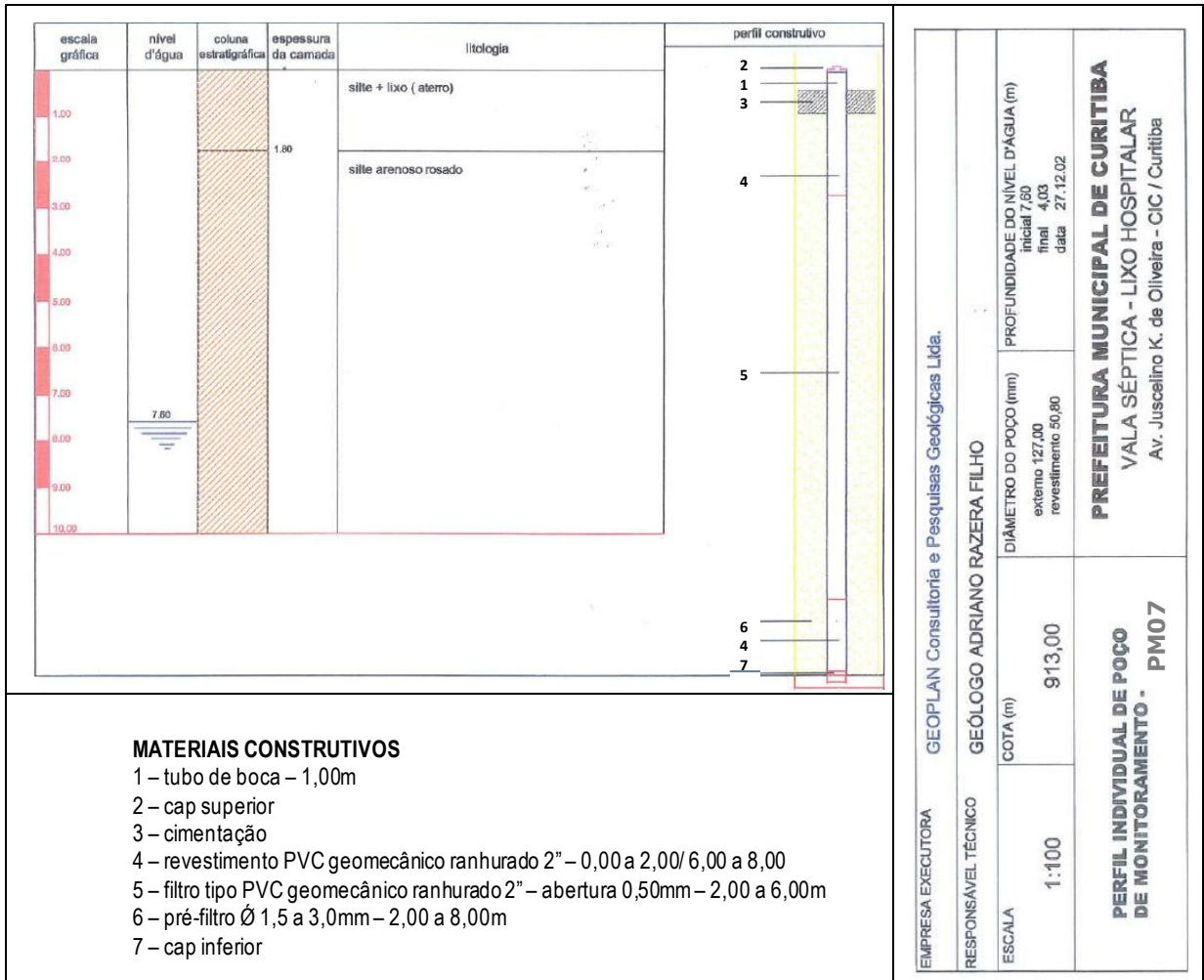


Figura 03: Perfil do poço de monitoramento 07 (monitoramento de 2003 a 2005).

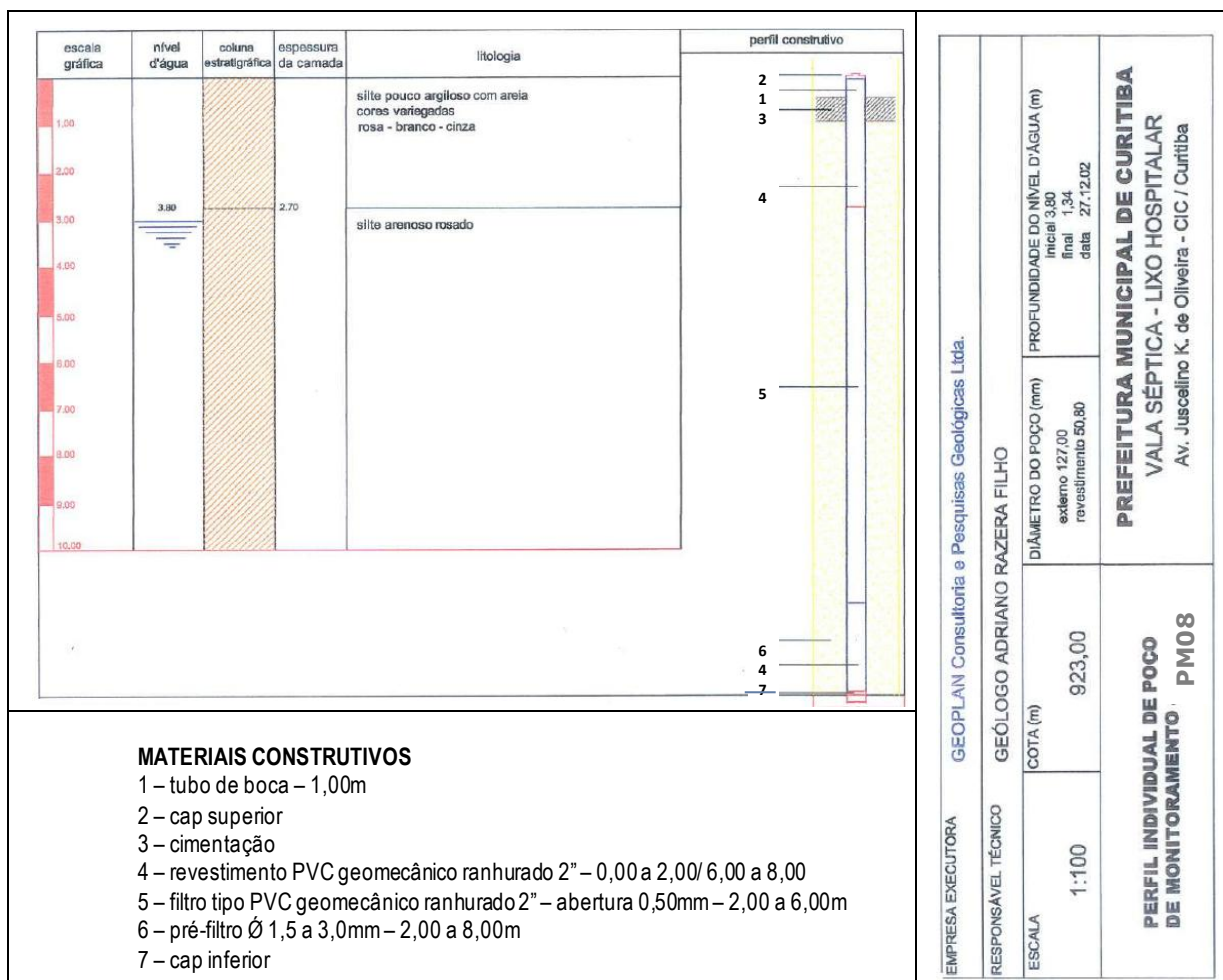


Figura 04: Perfil do poço de monitoramento 08 (monitoramento de 2003 a 2005).

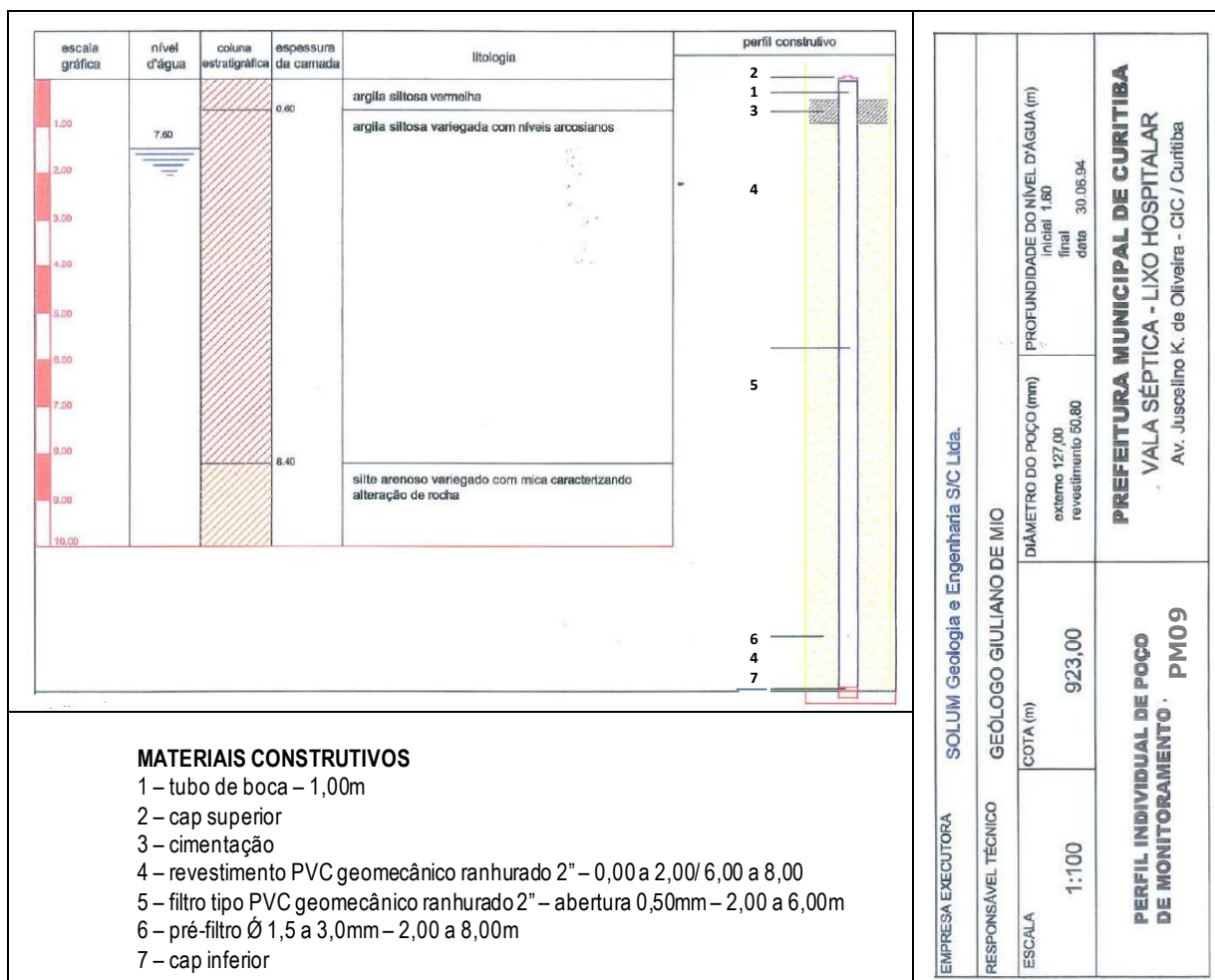


Figura 05: Perfil do poço de monitoramento 09 (monitoramento de 2003 a 2005).

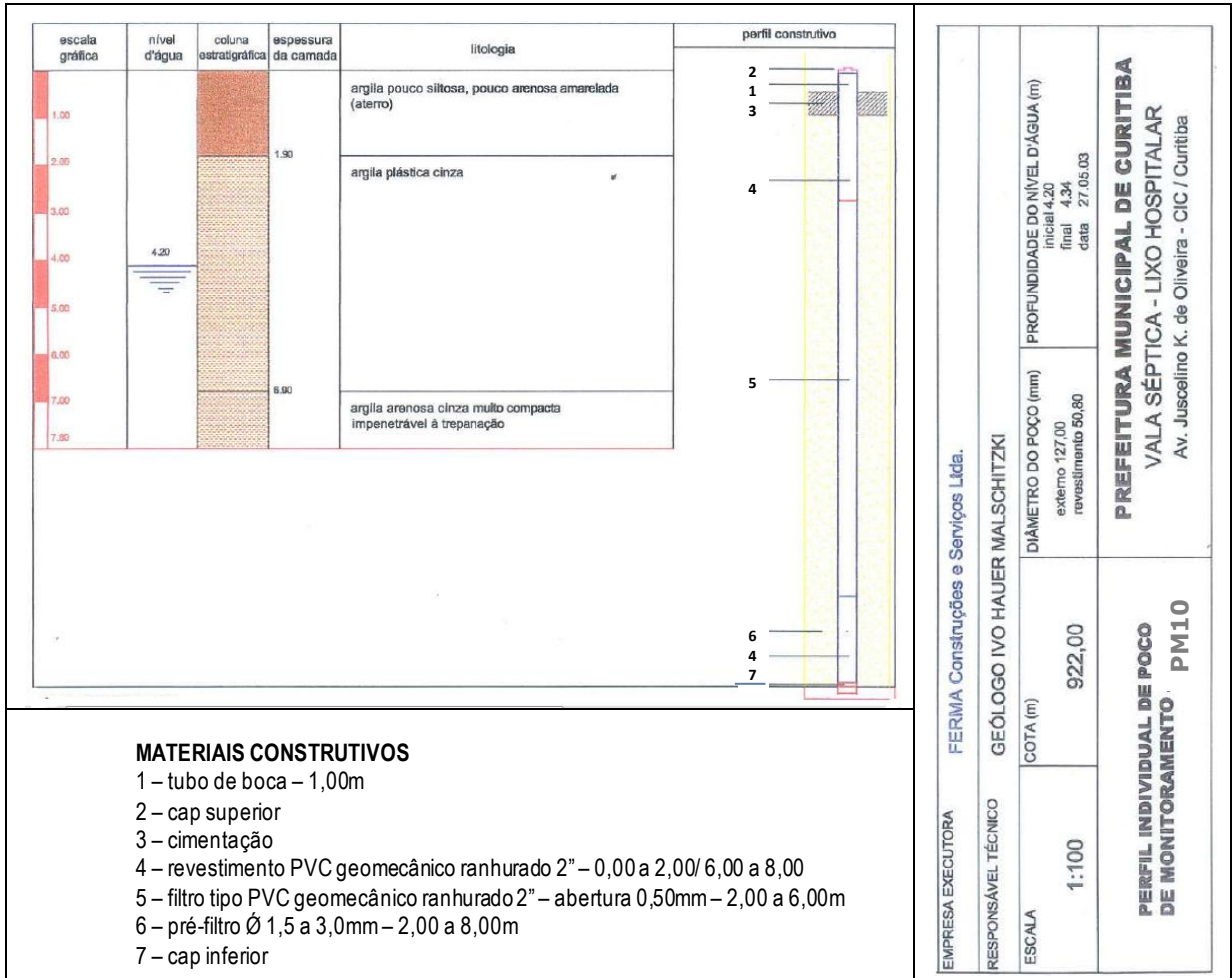


Figura 06: Perfil do poço de monitoramento 10 (monitoramento de 2003 a 2005).

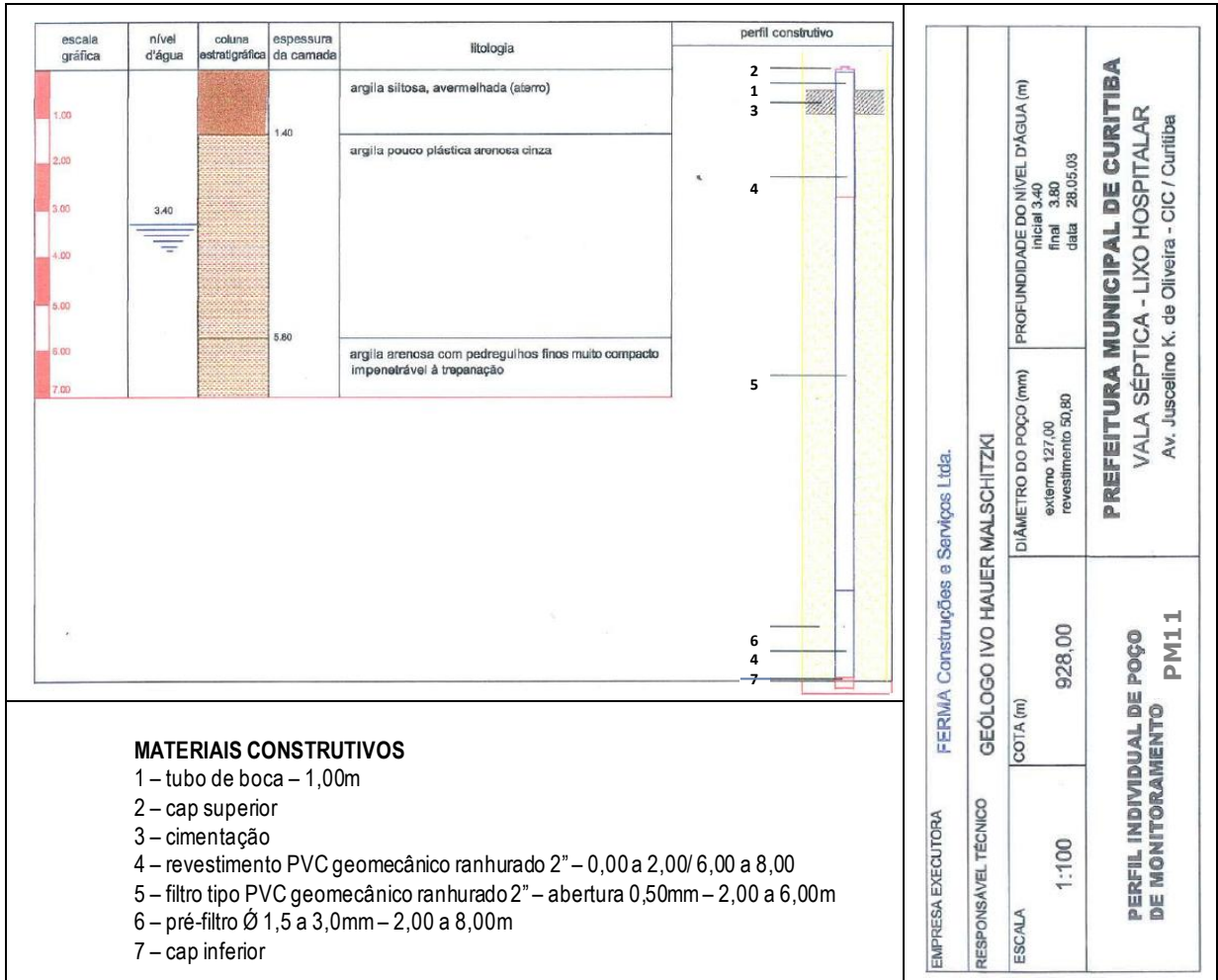


Figura 07: Perfil do poço de monitoramento 11 (monitoramento de 2003 a 2005).

ANEXO 2 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas - 1994, 2003, 2004 e 2005.

Os dados apresentados a seguir foram extraídos do trabalho “Investigação e diagnóstico do passivo ambiental da vala séptica de Curitiba: histórico da implantação e operação” e “Diagnóstico do Passivo Ambiental da Vala Séptica de Curitiba e definição de diretrizes para a elaboração do plano de recuperação e monitoramento ambiental”, elaborado pela empresa Biológica Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. e disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba.

1994

Tabela 01: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas de 1994.

| PARÂMETROS | DECRETO N° 1.190/04 - Curitiba Água subterrânea industrial | RESULTADOS | | | |
|--|--|------------|-------|-------|---------|
| | | PM01 | PM02 | PM03 | PM04 |
| pH | 6 - 9,5 | 5,6 | 6,2 | 6,2 | 6 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) ⁽¹⁾ | - | 170 | <2 | 300 | <2 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) ⁽¹⁾ | - | <2 | <2 | 7 | <2 |
| DBO (mg/L O ₂) ⁽¹⁾ | - | 672 | 509 | 891 | 521 |
| DQO(mg/L O ₂) ⁽¹⁾ | - | 1349 | 1211 | 1989 | 1113 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) ⁽¹⁾ | - | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg/L N) ⁽¹⁾ | - | 0,1 | 0,1 | 0,15 | 0,05 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) ⁽¹⁾ | - | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) ⁽¹⁾ | - | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) ⁽¹⁾ | - | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) ⁽¹⁾ | - | 1:1000 | 1:100 | 1:100 | 1:10000 |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) ⁽¹⁾ | - | 1:1 | 1:1 | 1:1 | 1:1 |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) ⁽¹⁾ | - | 1:1 | 1:1 | 1:1 | 1:1 |

N/P não pesquisado

(1) não regulamentados pelo DECRETO N° 1.190/04 – Curitiba (PMC, 2004).

2003

Tabela 02: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM05 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM05 | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|-----|-----------------------|-----------------------------|-------------|------------------|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 7,82 | | 7,58 | 7,5 | 5,58 | 7,43 | 7,52 | 7,34 | 7,53 | 5,13 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | 5,2 x 10 ¹ | 2,4 x 10² | < 2,0 | 4 | < 2,0 | 1 | 6,3 x 10² | < 1,0 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | < 1,0 | 2 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| DBO (mg/L O2) | - | 7,97 | N/P | 17,78 | 7,7 | 4,66 | 4,09 | 6,74 | 4,54 | 5,56 | 3,94 |
| DQO(mg/L O2) | - | 14,68 | N/P | 33,33 | 12,63 | 9,6 | 7,71 | 11,71 | 9,74 | 12,69 | 7,6 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,01 | N/P | 0,15 | 0,09 | 0,02 | <0,005 | < ,005 | 0,08 | 0,07 | 0,14 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,10 | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,08 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 457 | N/P | 501 | 349 | 103 | 384 | 400 | 341 | 380 | 315 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 03: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM06 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM06 | | | | | | | | | |
|--|---|-------------|-----|--------------|--------------|--------------|------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,09 | N/P | 7,58 | 4,75 | 4,99 | 5,25 | 4,91 | 4,89 | 4,97 | 5,13 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | < 2,0 | 2 | < 2,0 | < 2,0 | 6,3 x 10 ¹ | 2 | 3,1 | < 1,0 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 1,13 | N/P | 17,78 | 11,96 | 5,5 | 3,12 | 7,44 | 2,08 | 4,24 | 3,94 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 7,34 | N/P | 33,33 | 20,35 | 10,59 | 5,87 | 13,46 | 4,25 | 7,69 | 7,6 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | - | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,15 | N/P | 0,15 | 0,2 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,14 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,10 | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,01 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 74 | N/P | 501 | 359 | 154 | 266 | 371 | 85 | 193 | 315 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 04: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM07 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM07 | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|-----|-----------------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|----------------------------|--------------|-----------------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,75 | N/P | 5,69 | 5,83 | 5,93 | 5,73 | 5,21 | 5,7 | 5,7 | 5,95 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | 3,2 x 10² | 2 | 4 | < 2,0 | < 2,0 | 11 x 10² | 5,2 | 6,1 x 10 ¹ |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 9,12 | N/P | 11,56 | 8,07 | 7,83 | 2,23 | 3,14 | 4,31 | 4,59 | 2,96 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 18,35 | N/P | 22,6 | 15,79 | 15,69 | 5,33 | 7,48 | 10,43 | 10,38 | 5,33 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | - | 3,65 | N/P | <0,1 | 4,06 | 4,87 | <0,1 | 3,2 | <0,1 | <0,1 | 5,32 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | 0,54 | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,08 | N/P | <0,005 | 0,08 | 0,04 | <0,005 | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,12 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,10 | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,01 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 211 | N/P | 185 | 188,33 | 235 | 205 | 385 | 144 | 220 | 205 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 05: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM08 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM08 | | | | | | | | | |
|--|---|--------|-----|-----------------------------|-----------------------------|-------------|------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | N/P | N/P | 5,96 | 5,83 | 5,95 | 5,73 | 5,93 | 5,7 | 6,07 | 6,33 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | 5,1 x 10³ | 1,2 x 10² | 47 | 14 | 2 | 4,1 x 10² | 3,6 x 10² | 2,8 x 10² |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | < 1,0 | < 2,0 | 7 | < 2,0 | 2 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| DBO (mg/L O2) | - | N/P | N/P | 12,39 | 6,47 | 4,61 | 2,23 | 3,64 | 3,81 | 3,17 | 4,02 |
| DQO(mg/L O2) | - | N/P | N/P | 25,93 | 8,07 | 8,63 | 5,33 | 7,48 | 8 | 7,31 | 7,6 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | < 1,0 | 1,42 | 3,35 | < 1,0 | 4,87 | 2,13 | < 1,0 | 7,91 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,41 | <0,1 | 0,25 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | N/P | N/P | <0,005 | <0,005 | 0,08 | <0,005 | 0,03 | 0,07 | 0,05 | 0,11 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | N/P | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,01 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | N/P | N/P | 179 | 770 | 232 | 205 | 214 | 172 | 349 | 271 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 06: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM09 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM09 | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|-----|-------------|-----------|-----------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 6,34 | N/P | N/P | 6,07 | 5,99 | 6,08 | 5,93 | 5,44 | 5,87 | 5,8 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | <1,0 | 17 | 8,0 x 10² | 2 | < 2,0 | <1,0 | <1,0 | 1 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | < 1,0 | 17 | 8,0 x 10¹ | 2 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | 1 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 5,49 | N/P | 2,68 | < 1,0 | 1,92 | 2,11 | 3,64 | 2,47 | < 1,0 | 2,29 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 11,01 | N/P | 5,04 | 1,11 | 5,1 | 3,3 | 7,48 | 5,21 | 1,15 | 4,4 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <0,1 | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 4,87 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | 0,23 | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | 0,26 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,12 | N/P | N/P | 0,13 | <0,005 | <0,005 | 0,03 | 0,08 | 0,06 | 0,09 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,1 | N/P | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | N/P | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 246 | N/P | N/P | 50 | 196 | 186 | 214 | 100 | 104 | 102 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 07: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM10 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM10 | | | | | | | | | |
|--|---|------|-----|-----------------------------|-----------------------------|--------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | N/P | N/P | 6,98 | 5,66 | 7,58 | 6,92 | 6 | 5,79 | 5,85 | 6,08 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | 5,5 x 10² | 9,0 x 10² | 22 | <2,0 | 5,4 x 10² | 9,0 x 10 ¹ | 1,9 x 10³ | 1,3 x 10³ |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | <1,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 6,8 | <1,0 | <1,0 | 2,0 x 10 ¹ |
| DBO (mg/L O ₂) | - | N/P | N/P | 14,79 | 2,73 | 8,45 | <1,0 | 1,75 | 2,24 | 3,72 | 5,04 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | N/P | N/P | 30,51 | 5,96 | 16,54 | 1,14 | 3,46 | 4,17 | 6,92 | 9,2 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 4,87 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | N/P | N/P | 0,42 | <0,1 | <0,1 | 0,35 | 8,71 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | N/P | N/P | <0,005 | 0,12 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,07 | 0,14 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | N/P | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | N/P | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | N/P | N/P | 335 | 214 | 423 | 371 | 219 | 185 | 195 | 183 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial(PMC, 2004).

Tabela 08: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM11 em 2003.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM11 | | | | | | | | | |
|--|---|------|-----|-----|-----------------------------|-----------------------------|--------|--------------|-------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | N/P | N/P | N/P | 6,6 | 6,68 | 6,98 | 6,77 | 6,51 | 6,94 | 7,02 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | 9,0 x 10³ | 2,8 x 10² | <2,0 | <2,0 | 7,4 | 1,3 x 10 ¹ | 1.3 x 10² |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | N/P | N/P | N/P | 2 x 10¹ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | N/P | N/P | N/P | 7,69 | 7,01 | 2,91 | 5,59 | 5,17 | 1,88 | 2,64 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | N/P | N/P | N/P | 17,54 | 12,94 | 5,14 | 11,54 | 9,04 | 2,74 | 4,95 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | 5,68 | 3,5 | <0,1 | <0,1 | 1,37 | <0,1 | <0,1 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | N/P | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,59 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | N/P | N/P | N/P | 4,01 | 0,28 | <0,1 | 1,1 | 1,56 | 0,7 | 0,12 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | N/P | N/P | N/P | 0,14 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | 0,08 | 0,05 | 0,16 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | N/P | N/P | N/P | <0,001 | <0,001 | <0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,01 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | 685 | 586 | 568 | 596 | 548 | 567 | 601 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 09: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do RIO BARIGUI - MONTANTE em 2003.

| PARÂMETROS | RIO BARIGUI - MONTANTE | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-----|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | N/P | N/P | N/P | 7,86 | 7,69 | 7,19 | 7,3 | 7,26 | 7,46 | 7,67 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| DBO (mg/L O ₂) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | <1,0 | 4,91 | <1,0 | 3,79 | 3,28 | <1,0 | <1,0 |
| DQO(mg/L O ₂) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | 2,31 | 9,41 | 0,37 | 6,92 | 6,96 | <1,0 | 1,9 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | N/P | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | N/P | N/P | N/P | 1,99 | 1,04 | 1,96 | 1,27 | 1,83 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | 99 | 101 | 103 | 99 | 114 | 129 | 132 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | 7,23 | 8,25 | 6,92 | 6,72 | 4,86 | 5,9 | 5,97 |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) ⁽¹⁾ | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

Tabela 10: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do RIO BARIGUI - JUSANTE em 2003.

| PARÂMETROS | RIO BARIGUI - JUSANTE | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----|-----|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | N/P | N/P | N/P | 7,36 | 7,13 | 7,46 | 7,42 | 7,16 | 7,37 | 7,57 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| DBO (mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | 3,87 | 4,1 | 144,84 | 3,6 | <1,0 | 1,93 | 2,55 |
| DQO(mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | 5,93 | 7,45 | 282,14 | 6,92 | 1,04 | 3,46 | 4,8 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | N/P | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,59 | 0,16 | <0,1 | 0,72 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | N/P | N/P | N/P | 0,18 | <0,1 | 0,23 | 0,43 | 0,58 | <0,1 | 0,015 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | 86 | 87 | 120 | 120 | 122 | 134 | 99 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | 7,48 | 7,14 | 5,66 | 6,7 | 4,68 | 5,4 | 1,27 |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

2004

Tabela 11: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM05 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM05 | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------|------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 7,27 | 6,98 | 7,19 | 7,26 | 7,02 | 7,23 | 7,32 | 7,27 | 7,19 | 7,19 | 7,31 | 7,23 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | <1,0 | <1,0 | 4,1 | <2,0 | 6,3 | 360 | <1,0 | <1,0 | <2,0 | 4,5 | 11 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,8 | < 1,8 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 12,3 | 9,64 | 13,92 | 9,19 | 5,94 | 12,3 | 6,53 | 3,68 | 3,66 | 2,57 | 1,28 | 2,55 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 21,7 | 18,66 | 28,33 | 16,4 | 15,42 | 26,09 | 14,41 | 9,71 | 9,54 | 5,96 | 2,38 | 6,9 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,11 | 0,15 | 0,08 | 0,13 | 0,11 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | 0,02 | 0,004 | <0,001 | 0,16 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 0,09 | 0,02 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 443 | 259 | 458 | 385 | 593 | 760 | 686 | 700 | 643 | 527 | 391 | 508 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 12: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM06 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM06 | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 4,91 | 5,13 | 5,04 | 4,96 | 4,93 | 4,84 | 5,2 | 7,46 | 5,23 | 5,06 | 5,2 | 5,19 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <2,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 11 | <1,8 | 160 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,8 | < 1,8 |
| DBO (mg/L O2) | - | 9,03 | <1,0 | 19,27 | 6,96 | 5,21 | 11,19 | 5,21 | 144,84 | 2,63 | 2,95 | 3,41 | <1,00 |
| DQO(mg/L O2) | - | 16,78 | 1,74 | 40,83 | 10,66 | 14,89 | 25,74 | 9,32 | 282,14 | 6,36 | 7,79 | 6,67 | 1,72 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,53 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,23 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,1 | 0,13 | 0,1 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,06 | <0,05 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,002 | <0,001 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 234 | 69 | 363 | 368 | 628 | 370 | 165 | 120 | 664 | 634 | 450 | 145 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 13: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM07 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM07 | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,64 | 5,73 | 5,68 | 5,59 | 5,48 | 5,45 | 5,87 | 5,25 | 5,21 | 6,03 | 5,77 | 6,03 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | 160 | 170 | 320 | 1,3 x 10² | <1,0 | 3,1 | 1 | 2 | 30 | <1,8 | <1,8 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | < 2,0 | 2 | < 1,0 | 13 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 4 | < 1,8 | < 1,8 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 5,23 | 9,6 | 6,19 | 7,86 | 7,23 | 12,9 | 2,63 | 5,21 | 3,46 | 3,23 | 1,68 | 5,09 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 11,07 | 23 | 11,67 | 13,2 | 16,49 | 27,94 | 5,24 | 11,15 | 8,64 | 8,25 | 3,07 | 12,07 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | - | <1,0 | 4,02 | 3,88 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,06 | 0,2 | 0,07 | 0,1 | 0,12 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | 0,02 | N/P | <0,001 | 0,02 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002 | 0,03 | 0,03 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 194 | 197 | 156 | 200 | 519 | 623 | 672 | 448 | 385 | 633 | 531 | 744 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 14: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM08 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM08 | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,9 | 6,07 | 5,87 | 5,97 | 5,92 | 5,83 | 6,07 | 5,9 | 6,38 | 6,23 | 6,11 | 6,26 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | 130 | 96 | 2400 | 1600 | 24 | 41 | <1,0 | 1300 | 90 | 2 | 240 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | < 2,0 | 9,8 | < 1,0 | 170 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 4 | < 1,8 | 4,5 |
| DBO (mg/L O2) | - | 7,24 | 5,61 | 4,18 | 5,64 | 5 | 10,13 | 2,1 | <1,0 | 1,85 | 4,22 | 6,15 | 2,39 |
| DQO(mg/L O2) | - | 12,14 | 11,74 | 7,92 | 8,4 | 11,7 | 22,79 | 4,29 | 1,79 | 3,64 | 9,17 | 11,9 | 5,6 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | 6,79 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | 20,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | <0,005 | 0,02 | <0,005 | 0,03 | 0,03 | <0,001 | 0,03 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,03 | 0,0007 | 0,06 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 228 | 284 | 186 | 211 | 701 | 770 | 756 | 677 | 775 | 869 | 916 | 1068 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 15: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM09 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM09 | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,64 | 5,11 | 5,13 | 5,25 | 4,84 | 4,8 | 5,44 | 5,56 | 5,97 | 5,35 | 5,93 | 5,34 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | <1,0 | 4,1 | <1,0 | 9000 | <1,0 | <1,0 | 1 | <1,0 | 13 | 16000 | <1,8 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 2 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | <2,0 | 7,8 | <1,8 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 7,51 | <1,0 | 4,28 | 3,25 | 4,97 | 6,57 | 3,02 | 1,88 | 1,64 | 2,31 | 5,01 | <1,0 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 11,78 | <1,0 | 8,05 | 5,2 | 10,44 | 16,18 | 7,62 | 4,67 | 3,18 | 5,75 | 10,1 | 2,17 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <0,1 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 2,83 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | 20,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | 0,9 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,12 | 0,2 | 0,14 | <0,005 | 0,16 | <0,005 | 0,02 | <0,005 | 0,01 | 0,009 | <0,001 | 0,03 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,14 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,007 | 0,002 | 0,05 | 0,03 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 115 | 101 | 104 | 84 | 145 | 155 | 195 | 257 | 264 | 174 | 348 | 171 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 16: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM10 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO N° 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM10 | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 5,75 | 6,03 | 5,8 | 5,85 | 5,71 | 4,8 | 6,12 | 6,12 | 6,31 | 6,07 | 5,26 | 6,03 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | 4 | 520 | 2,4 x 10³ | 2400 | 2,4 x 10⁴ | 53 | 1 x 10³ | 6,9 x 10⁶ | 2,4 x 10⁴ | 280 | <1,8 | 3,5 x 10⁴ |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | 2 | 1 | 47 | 550 | 23 | <1,0 | <1,0 | 1 x 10⁴ | 2,7 x 10³ | 21 | <1,8 | 2,2 x 10⁴ |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 4,99 | 11,25 | 4,85 | 7,01 | 3,21 | 6,57 | 4,24 | 4,29 | 3,57 | 4,1 | 2,53 | 3,51 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 7,49 | 23,91 | 9,17 | 10,4 | 5,38 | 16,18 | 8,57 | 8,97 | 8,64 | 9,17 | 4,76 | 8,19 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <0,1 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 2,83 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | 20,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | 0,9 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,08 | 0,29 | 0,11 | 0,04 | 0,19 | <0,005 | 0,02 | <0,005 | 0,04 | N/P | <0,001 | 0,04 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,09 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,008 | 0,003 | 0,03 | 0,04 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 194 | 175 | 145 | 176 | 382 | 155 | 405 | 516 | 430 | 336 | 171 | 357 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 17 Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM11 em 2004.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM11 | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | 6 - 9,5 | 6,83 | 6,58 | 6,77 | 6,88 | 6,82 | 6,81 | 6,83 | 6,84 | 6,08 | 6,77 | 6,72 | 6,77 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | <2,0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <2,0 | <0,1 | 2 | <0,1 | <0,1 | 8 | <1,8 | <1,8 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | <2,0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <2,0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <2,0 | <1,8 | <1,8 |
| DBO (mg/L O2) | - | 8,01 | 13,2 | 7,42 | 5 | 5,64 | 9,51 | 5,7 | 6,23 | 2,15 | 3,95 | 5,09 | 4,69 |
| DQO(mg/L O2) | - | 14,99 | 24,35 | 14,99 | 8,4 | 11,74 | 20,96 | 12,83 | 14,74 | 5,91 | 8,71 | 9,13 | 10,76 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <0,1 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 2,83 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | 2,35 | 20,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,21 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,19 | <0,1 | <0,1 | 0,76 | 0,23 | <0,1 | <0,1 | 1,01 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,1 | 0,14 | 0,1 | <0,005 | 0,13 | <0,005 | 0,02 | <0,005 | 0,03 | <0,001 | 0,03 | 0,04 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,12 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 0,04 | <0,001 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 676 | 605 | 661 | 783 | 1312 | 1342 | 1376 | 1284 | 1288 | 1355 | 1299 | 1310 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 18: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas a MONTANTE RIO BARIGUI em 2004.

| PARÂMETROS | MONTANTE RIO BARIGUI | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----|-----|-----|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | N/P | N/P | N/P | N/P | 7,32 | 7,06 | 7,27 | 7,09 | 7,53 | 7,66 | 7,6 | 7,65 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| DBO (mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | 2,52 | <1 | 6,73 | <1 | 2,16 | <1 | 4,77 | 1,16 |
| DQO(mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | 4,95 | 1,47 | 13,33 | <1 | 4,82 | <1 | 9,17 | 2,61 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | N/P | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | N/P | N/P | N/P | N/P | 1,02 | 2,62 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 1,3 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | 265 | 251 | 204 | 242 | 319 | 266 | 314 | 293 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | 7,57 | 7,45 | 2,98 | 7,67 | 6,75 | 7,74 | 10,02 | 8,74 |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

Tabela 19: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas a JUSANTE RIO BARIGUI em 2004.

| PARÂMETROS | JUSANTE RIO BARIGUI | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----|-----|-----|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
| pH | N/P | N/P | N/P | N/P | 7,28 | 7,35 | 7,33 | 7,33 | 7,42 | 7,62 | 7,46 | 7,62 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| DBO (mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | 8,22 | 7,41 | 6,28 | 2,68 | 15,69 | <1 | 5 | 1,94 |
| DQO(mg/L O ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | 18,13 | 19,49 | 12,38 | 5,31 | 43,18 | <1 | 9,63 | 4,35 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | N/P | N/P | N/P | N/P | 6,24 | <1,0 | <1,0 | 2,93 | <1,0 | <1,0 | 1,7 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | N/P | N/P | N/P | N/P | 0,12 | <0,1 | 0,1 | 0,31 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | N/P | N/P | N/P | N/P | 0,44 | 0,77 | 0,35 | 0,9 | <0,1 | 0,32 | 0,32 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | 453 | 323 | 427 | 427 | 353 | 315 | 432 | 257 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | 6,61 | 4,49 | 7,06 | 7,06 | 3,8 | 7,84 | 8,33 | 9,01 |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

2005

Tabela 20: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM05, PM06 e PM07 em 2005 (BIOLÓGICA, 2006a).

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM05 | | | | PM06 | | | | PM07 | | | |
|---|---|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr |
| pH | 6 - 9,5 | 7,06 | 7,52 | 7,71 | 6,86 | 5,06 | 7,52 | 5,17 | 5,11 | 5,87 | 5,65 | 5,64 | 5,59 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | 350 | 2 | 1 | 49 | <1,0 | 2 | <1,0 | <1,0 | 130 | <1,8 | 6,3 | 320 |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | <1,8 | <1,8 | <1,0 | <1,8 | <1,0 | <1,8 | <1,0 | <1,0 | <0,1 | <1,8 | <1,0 | 13 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 1,26 | 3,1 | 5,25 | 5,22 | 1,88 | 3,1 | 8,58 | 5,62 | 6,09 | 3,94 | 5,02 | 7,86 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 3,42 | 6,31 | 14,76 | 13,76 | 3,85 | 6,31 | 16,66 | 14,8 | 14,53 | 8,25 | 11,73 | 13,2 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 4,02 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,03 | <0,005 | <0,005 | 0,02 | 0,01 | <0,05 | <0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | <0,005 | 0,1 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 416 | 588 | 613 | 171 | 91,9 | 588 | 538 | 268 | 655 | 364 | 393 | 200 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 21: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM08, PM09 e PM10 em 2005.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM08 | | | | PM09 | | | | PM10 | | | |
|---|---|--------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr |
| pH | 6 - 9,5 | 6,19 | 6,43 | 6,26 | 5,97 | 5,93 | 5,45 | 6,17 | 5,35 | 5,22 | 6,54 | 5,8 | 5,85 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | 280 | 23 | 1,4 x 10³ | 320 | 5,4 x 10³ | <1,8 | 2,8 x 10⁴ | <1,8 | <1,0 | 1,3 x 10³ | 2,4 x 10³ | 2,4 x 10³ |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | 5,4 | <1,8 | <1,0 | 13 | 130 | <1,8 | 17 | <1,8 | <1,0 | 33 | 47 | 550 |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 6,82 | 3,57 | 2,54 | 5,64 | 4,57 | 2,15 | 1,98 | 6,86 | 1,99 | 5,28 | 4,85 | 7,01 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 14,96 | 8,56 | 6,07 | 8,4 | 11,97 | 4,46 | 4,67 | 13,26 | 4,27 | 11,61 | 9,17 | 10,4 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L N) | - | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 1,7 | <1,0 | 2,12 | <1,0 | <1,0 | 22,02 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,18 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,13 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,01 | 0,02 | <0,005 | 0,08 | 0,02 | 0,02 | <0,005 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | <0,005 | 0,1 |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 1190 | 875 | 785 | 211 | 329 | 157 | 331 | 89,4 | 177 | 532 | 145 | 176 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

Tabela 22: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do PM11, MONTANTE e JUSANTE do RIO BARIGUI em 2005.

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM11 | | | | MONTANTE RIO BARIGUI | | | | JUSANTE RIO BARIGUI | | | |
|---|---|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------------------|------|------|------|---------------------|--------|------|------|
| | | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr | jan | fev | mar | abr |
| pH | 6 - 9,5 | 6,57 | 7,25 | 7,05 | 6,83 | 7,27 | 7,4 | 4,24 | 7,68 | 7,06 | 7,14 | 7,9 | 7,39 |
| OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mgO ₂ /L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | 9,5 | 10,3 | 9,3 | 13,8 | 8,77 | 10,35 | 10,7 | 9,01 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) | - | 6,3 | 49 | <1 | <1,8 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES FECAIS (NMP/100mL) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | - | <1 | 2 | <1 | <1,8 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| DBO (mg/L O ₂) | - | 6,58 | 9,51 | 2,2 | 6,13 | 1,85 | 1,74 | 1,09 | 1,5 | 8,91 | 316,05 | 1,55 | 1,08 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 13,67 | 16,96 | 5,61 | 13,26 | 3,39 | 3,12 | 2,04 | 2,52 | 18,7 | 833,33 | 3,27 | 2,04 |
| NITROGÊNIO TOTAL (mg/L N) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L N) | - | 1,92 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| NITRITO (mg/L NO ₂) | 1mg/L | 0,23 | <0,1 | <0,1 | 0,16 | <0,1 | 0,14 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,33 |
| NITRATO N/P (mg/L NO ₃) | 10mg/L | 0,8 | <0,1 | <0,1 | 0,31 | <0,1 | 0,79 | 0,13 | 0,6 | <0,1 | <0,1 | 0,14 | 0,28 |
| FÓSFORO TOTAL (mg/L P) | 0,02mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CROMO RESIDUAL (mg/L Cr) | 0,01mg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CÁDMIO (mg/L Cd) | 6µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| ZINCO (mg/L Zn) | 5000µg/L | 0,01 | 0,02 | <0,005 | 0,03 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| CHUMBO (mg/L Pb) | 75µg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| NÍQUEL (mg/L Ni) | 75µg/L | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| MERCÚRIO (mg/L Hg) | 1µg/L | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L) | - | 1270 | 1275 | 1277 | 665 | 158 | 233 | 265 | 150 | 215 | 296 | 306 | 152 |
| SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/L) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Estreptococos presentes até diluição (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Salmonela ausente na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |
| Parasitológico negativo na concentração (medidas em volume) | - | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P | N/P |

N/P = não pesquisado.

(1) Água subterrânea industrial (PMC, 2004).

ANEXO 3 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas - 2006.

Tabela 01: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas nos poços de monitoramento PM-3, PM-6, PM-13, PM-20 e PM-21 – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

| PARÂMETROS | DECRETO Nº 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM-3 | PM-6 | PM-13 | PM-20 | PM-21 |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| pH | 6 - 9,5 | 6,9 | 5,8 | 5,4 | 5,9 | 5,2 |
| Condutividade (µS/cm) | - | 1083 | 367 | 169 | 459 | 117 |
| Temperatura (°C) | - | 18 | 19 | 19 | 23 | 15 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | - | 3 | 1,6 | 1,9 | 4,8 | 2,8 |
| Cloreto (mg/L) | 250 | 86,9 | 24,2 | 17,6 | 39,5 | 17,3 |
| Cor (Hazem) | 15 ⁽³⁾ | 55 | 902 | 535 | 416 | 71 |
| DBO (mg/L O ₂) | Até 3 ⁽²⁾ | 6,5 | 13 | <2 | 35 | 2,8 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 27 | 35 | <5 | 97 | 9 |
| Dureza (mg/L) | 500 ⁽³⁾ | 10 | 74 | 61 | 134 | 39 |
| Sulfato (mg/L) | 250 | <5 | <2 | <1 | <2 | <1 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L N) | 3,7 para pH ≤ 7,5 ⁽²⁾ | 1,3 | 4 | <0,1 | 8,7 | <0,1 |
| Nitrito (mg/L NO ₂) | 1 | 0,18 | <0,04 | <0,02 | <0,04 | <0,02 |
| Sódio (mg/L) | 200 | 10,1 | 14,5 | 6,4 | <0,5 | 4,5 |
| Sólidos totais Dissolvidos (mg/L) | 1.000 ⁽⁴⁾ | 674 | 226 | 138 | 258 | 24 |
| Ferro (mg/L) | 300 | 0,036 | 16,5 | <0,01 | 0,016 | 0,729 |
| Alumínio (µg/L) | 200 | 52 | <10 | 24 | 96 | 62 |
| Chumbo (µg/L Pb) | 75 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Cádmio (µg/L) | 6 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Níquel (µg/L Ni) | 75 | 23 | <10 | <10 | <10 | 26 |
| Turbidez (UNT) | 5 ⁽³⁾ | 5,9 | 154 | 191 | 68 | 8,6 |
| Mercúrio (µg/L Hg) | 1 | <5E5 | 0,00015 | 0,00017 | 0,0001 | <0,0001 |
| Zinco (µg/L Zn) | 5000 | 111 | 26 | 51 | 125 | 255 |
| Boro (µg/L) | 0,5 | <10 | 0,048 | <10 | <10 | <10 |
| Cromo (µg/L) | 50 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Cromo Hexavalente (µg/L) | - | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| Nitrato N/P (mg/L NO ₃) | 10 | 1 | <0,2 | 7 | <0,2 | <0,1 |
| Ítrio (MMD) (%) | - | 70 | 79 | 80 | 57 | 124 |
| Contagem de coliformes totais (NMP/100mL) | Ausente ⁽³⁾ | 33 | 1300 | 130 | 170 | 2300 |
| Contagem <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) | Ausente ⁽³⁾ | < 1,8 | < 1,8 | < 1,8 | < 1,8 | < 1,8 |
| Contagem Enterococos (NMP/100mL) | - | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 |
| Contagem de clostrídios sulfito redutores (NMP/100mL) | - | <1,8 | 7,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 |
| Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL) | 500 ⁽³⁾ | 9.900 | 330 | 4600 | 21000 | 4400 |
| Pesquisa de <i>Salmonella sp</i> /1L | - | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |

(1) Limites estabelecidos para água subterrânea industrial (PMC, 2004).

(2) Limites estabelecidos para água de rio Classe I (CONAMA, 2005a). O enquadramento das águas subterrâneas (CONAMA, 2008) não estabelece limites para DBO.

(3) Padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

(4) Efeito organoléptico (Resolução CONAMA, 2008).

Tabela 02: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas nos poços de monitoramento PM-22, PM-23, PM-24 e PM-25 – 2006 (BIOLÓGICA, 2006b).

| PARÂMETROS | DECRETO N° 1.190/04 Curitiba ⁽¹⁾ | PM-22 | PM-23 | PM-24 | PM-25 | PM-14 |
|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| pH | 6 - 9,5 | 5,7 | 5,7 | 6,1 | 6 | NP |
| Condutividade (µS/cm) | - | 32 | 61 | 154 | 540 | NP |
| Temperatura (°C) | - | 18 | 19 | 17 | 16 | NP |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | - | 7 | 5,7 | 7,8 | 8,1 | NP |
| Cloreto (mg/L) | 250 | <1 | 2,2 | 2,8 | 71,6 | NP |
| Cor (Hazem) | 15 ⁽³⁾ | 372 | 124 | 133 | 247 | NP |
| DBO (mg/L O ₂) | Até 3 ⁽²⁾ | 11 | <2 | <2 | 14 | NP |
| DQO(mg/L O ₂) | - | 26 | 10 | <5 | 36 | NP |
| Dureza (mg/L) | 500 ⁽³⁾ | 13 | 19 | 53 | <5 | NP |
| Sulfato (mg/L) | 250 | 2 | <1 | 1,9 | <2 | NP |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L N) | 3,7 para pH ≤ 7,5 ⁽²⁾ | <0,1 | <0,1 | 0,16 | 5,6 | NP |
| Nitrito (mg/L NO ₂) | 1 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,04 | NP |
| Sódio (mg/L) | 200 | 1,2 | 4,1 | 5,6 | <0,5 | NP |
| Sólidos totais Dissolvidos (mg/L) | 1.000 ⁽⁴⁾ | 66 | 72 | 72 | 306 | NP |
| Ferro (mg/L) | 300 | 0,114 | 2,6 | 0,195 | 1,3 | NP |
| Alumínio (µg/L) | 200 | 163 | 296 | 509 | <10 | NP |
| Chumbo (µg/L Pb) | 75 | <10 | <10 | <10 | <10 | NP |
| Cádmio (µg/L) | 6 | <1 | <1 | <1 | <1 | NP |
| Níquel (µg/L Ni) | 75 | <10 | <10 | 26 | 14000 | NP |
| Turbidez (UNT) | 5 ⁽³⁾ | 54 | 28 | 20 | 31 | NP |
| Mercúrio (µg/L Hg) | 1 | <0,1 | 0,13 | <0,1 | <0,1 | NP |
| Zinco (µg/L Zn) | 5000 | 46 | 26 | 79 | 87 | NP |
| Boro (µg/L) | 0,5 | <10 | <10 | <10 | <10 | NP |
| Cromo (µg/L) | 50 | <10 | <10 | <10 | <10 | NP |
| Cromo Hexavalente (µg/L) | - | <10 | <10 | <10 | <10 | NP |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,02 | 0,11 | 0,04 | <0,01 | 0,04 | NP |
| Nitrato N/P (mg/L NO ₃) | 10 | <0,1 | 0,2 | 0,2 | <0,2 | NP |
| Ítrio (MMD) (%) | - | 88 | 99 | 80 | 89 | NP |
| Contagem de coliformes totais (NMP/100mL) | Ausente ⁽³⁾ | 230 | 330 | 2400 | 330 | 11000 |
| Contagem <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) | Ausente ⁽³⁾ | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 |
| Contagem Enterococos (NMP/100mL) | - | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 |
| Contagem de clostrídios sulfito redutores (NMP/100mL) | - | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | 7,8 |
| Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL) | 500 ⁽³⁾ | 12000 | 1000 | 24000 | 7600 | 130000 |
| Pesquisa de Salmonella sp/1L | - | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |

NP = não pesquisado.

(1) Limites estabelecidos para água subterrânea industrial (PMC, 2004).

(2) Limites estabelecidos para água de rio Classe 1 (CONAMA, 2005a). O enquadramento das águas subterrâneas (CONAMA, 2008) não estabelece limites para DBO.

(3) Padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

(4) Efeito organoléptico (Resolução CONAMA, 2008).

Tabela 03: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas, realizada em 2006, em águas superficiais dos pontos 1, 2 e 3 (BIOLÓGICA, 2006b).

| PARÂMETROS | CONAMA ⁽¹⁾ | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 |
|---|-----------------------|--------------|------------|-----------|
| pH | 6 - 9,5 | 7,7 | 7,5 | 8,1 |
| Condutividade (µS/cm) | - | 582 | 321 | 322 |
| Temperatura (°C) | - | 11 | 11 | 10 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | >5 | 7,4 | 6,6 | 7,4 |
| Cloreto (mg/L) | 250 | 31,7 | 26,8 | 12,4 |
| Cor (Hazem) | ≤75 | 134 | 234 | 58 |
| DBO (mg/L O ₂) | Até 5 | <2 | <2 | <2 |
| DQO(mg/L O ₂) | - | <5 | <5 | <5 |
| Dureza (mg/L) | - | 16 | 115 | 173 |
| Sulfato (mg/L) | 250 | <2 | 2,6 | 2,7 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L N) | 3,7 para pH ≤ 7,5 | 0,71 | 4,9 | <0,1 |
| Nitrito (mg/L NO ₂) | 1 | 0,24 | 0,12 | <0,04 |
| Sódio (mg/L) | - | 24,6 | 11,1 | 5 |
| Sólidos totais Dissolvidos (mg/L) | 500 | 428 | 264 | 278 |
| Ferro (mg/L) | 0,3 | 0,456 | 0,675 | <0,01 |
| Alumínio (mg/L) | 0,1 | 0,581 | 0,168 | 0,014 |
| Chumbo (mg/L Pb) | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Cádmio (mg/L) | 0,01 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Níquel (mg/L Ni) | 0,025 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Turbidez (UNT) | 100 | 19 | 25 | 2,4 |
| Mercúrio (mg/L Hg) | 0,0002 | <0,0001 | <5E5 | <0,0001 |
| Zinco (mg/L Zn) | 0,18 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Boro (mg/L) | 0,5 | 0,01 | 0,012 | <0,01 |
| Cromo (mg/L) | 0,05 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Cromo Hexavalente (mg/L) | - | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,05 | 0,011 | 0,047 | 0,01 |
| Nitrato N/P (mg/L NO ₃) | 10 | 37 | 2,9 | <0,2 |
| Ítrio (MMD) (%) | - | 72 | 79 | 88 |
| Contagem de coliformes totais (NMP/100mL) | 1000 | 7,7 | 7,5 | 8,1 |
| Contagem <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL) | - | 582 | 321 | 322 |
| Contagem Enterococos (NMP/100mL) | - | 11 | 11 | 10 |
| Contagem de clostrídios sulfito redutores (NMP/100mL) | - | 7,4 | 6,6 | 7,4 |
| Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL) | - | 31,7 | 26,8 | 12,4 |
| Pesquisa de Salmonella sp/1L | - | 134 | 234 | 58 |

(1) Limites estabelecidos para rio Classe 2 (CONAMA, 2005a).

ANEXO 4 - Resultado do monitoramento efetuado em 2009 nas águas superficiais e subterrâneas da região de Berlim.

| GWM | Ost | West | elektrische Leitfähigkeit [µS/cm] (1) | Sauerstoffgehalt [mg/l] (9) | Sauerstoffgehalt LUA [mg/l] (9) | Redoxpotential [mV] unkorrigiert (9) | Redoxpotential korrigiert [mV] (9) | Temperatur [°C] (9) | Karbonathärte [°dH] (9) | Hydrogenkarbonat [mg/l] (9) | Hydrogenkarbonat [meq/l] | Gesamthärte [°dH] (9) | pH [-] (1) | Ammonium (NH4+) (3) | NH4 LUA [mg/l] | Bor (B) (3) (4) | Bor [meq/l] |
|--|-------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|-------------|
| Geringfügigkeitsschwellen (limites) | | | 2500 bei 20°C | | | | | | | | | | 6,5 ≤ pH ≤ 9,5 | 0,5 mg/L | | 740 [µg/l] 0,74 mg/L | |
| Sanierungsbeürftigte Schade (SSW) (intervenção) | | | | | | | | | | | | | | | | 3700 [µg/l] 3,7 mg/L | |
| GW 2a | 3393303.11 | 5802754.04 | 1199 | 1.6 | | 10 | 224 | 12.1 | 11 | 239 | 3.92 | 17 | 6.48 | | | 0.271 | 0.025 |
| GW 2b | 3393330.492 | 5802738.904 | | | | 27 | 241 | 11.7 | 9.6 | 209 | 3.42 | 15 | 6.11 | | | 0.119 | 0.011 |
| GW 2UP | 3393294.077 | 5802753.421 | 1263 | 0.3 | | 5 | 219 | 13.5 | 14.5 | 315 | 5.17 | 21 | 6.56 | | | 1.121 | 0.104 |
| GW 12a | 3386252.1 | 5795319.3 | 872 | 1.2 | | -19 | 195 | 15 | 18.4 | 400 | 6.56 | 24 | 7.05 | | | 0.194 | 0.018 |
| GW 12 | 3386284.4 | 5795327.8 | 1379 | 0.8 | | -15 | 195 | 18.2 | 14.3 | 311 | 5.09 | 19 | 6.96 | | | 0.272 | 0.025 |
| Rf 104/93 OP | 3383297.82 | 5800600.9 | 1605 | 0.28 | | 98.9 | 316 | 9.9 | 22.2 | 483 | 7.91 | 34.6 | 7.15 | 0.085 | 1.533 | 1.445 | 0.134 |
| Rf 104/93 MP1 | 3383297.82 | 5800600.9 | 1501 | 0.08 | | -40.5 | 177 | 10.4 | 25 | 543 | 8.91 | 33.8 | 7.16 | 0.026 | 0.478 | 0.936 | 0.087 |
| Was 204 | 3386632.957 | 5804083.389 | | | | | | | | 0 | 0.00 | | | | | 0.073 | 0.007 |
| Pt 6/62 UP (1340, Schöpfprobe) | 3386957.91 | 5800870.26 | | | | | | | | 0 | 0.00 | | | | | 0.032 | 0.003 |
| Pt 7/62 OP (1328) | 3385300.98 | 5801929.53 | 1665 | 2.01 | 0.6 | 53 | 270 | 10 | 13.4 | 291 | 4.77 | 44 | 6.7 | 0.001 | 0.023 | 0.656 | 0.061 |
| Lwl 13/67 OP (1351) | 3384258 | 5799941.74 | 2410 | 1.14 | | -137 | 80 | 10.1 | 23.6 | 513 | 8.41 | >60 | 6.81 | | | 0.100 | 0.009 |
| Lwl 13/67 UP (1352) | 3384258 | 5799941.74 | 1460 | 0.1 | | -246 | -29 | 9.8 | 22.8 | 496 | 8.12 | 36.4 | 7.58 | | | 0.415 | 0.038 |
| Rf 211/94 OP | 3385279.04 | 5800074.47 | 1372 | 0.13 | | -115.8 | 101 | 10.4 | 21.6 | 470 | 7.70 | 33.8 | 6.98 | | | | 0.000 |
| Rf 211/94 UP | 3385279.91 | 5800071.435 | 1372 | 0.16 | | -110.5 | 107 | 10.3 | 21.1 | 459 | 7.52 | 31.4 | 6.96 | | | 0.071 | 0.007 |
| Rf 103/93 OP | 3382230.68 | 5802492.17 | 1454 | | 0.8 | 24 | 241 | 10 | 23.2 | 504 | 8.27 | 37.2 | 6.16 | 0.002 | 0.039 | 0.936 | 0.087 |
| Rf 103/93 MP1 | 3382230.68 | 5802492.17 | 1384 | | | 10 | 227 | 10.4 | 22.5 | 489 | 8.02 | 33 | 6.48 | 0.037 | 0.663 | 0.033 | 0.003 |
| Rf 103/93 MP3 | 3382230.68 | 5802492.17 | 1479 | | | 9 | 226 | 10.6 | 20 | 435 | 7.13 | 37.4 | 6.48 | 0.040 | 0.729 | 0.058 | 0.005 |
| Rf 103/93 MPL | 3382230.68 | 5802492.17 | 1460 | | | 8 | 225 | 10.6 | 22 | 478 | 7.84 | 38 | 6.49 | | | | 0.000 |
| Rf 103/93 UP | 3382230.68 | 5802492.17 | 1316 | 0.21 | | 2 | 219 | 11 | 19.2 | 417 | 6.84 | 36 | 6.61 | 0.024 | 0.435 | 0.035 | 0.003 |
| Rf 201/94 OP | 3382781.45 | 5803732.99 | 1295 | | 2.46 | 13 | 230 | 10.8 | 20 | 435 | 7.13 | 33.8 | 6.39 | 0.007 | 0.134 | 0.509 | 0.047 |
| Rf 201/94 MP1 | 3382782.36 | 5803730.96 | 1634 | | 1.07 | 14 | 231 | 11.9 | 23.6 | 513 | 8.41 | 39 | 6.36 | 0.005 | 0.082 | 1.097 | 0.101 |
| Rf 201/94 MP2 | 3382783.32 | 5803729.91 | 1616 | | | 14 | 231 | 12.3 | 24 | 522 | 8.55 | 35.4 | 6.38 | 0.026 | 0.476 | | 0.000 |
| Rf 201/94 MP3 | 3382784.24 | 5803727.88 | 1567 | | | 16 | 233 | 12.7 | 23.4 | 509 | 8.34 | 34.2 | 6.34 | 0.007 | 0.120 | 1.391 | 0.129 |
| Rf 201/94 UP | 3382785.15 | 5803725.84 | 1421 | | | 7 | 224 | 11.5 | 20 | 435 | 7.13 | 34.2 | 6.51 | 0.021 | 0.380 | 0.464 | 0.043 |
| Rf 202/94 OP2 | 3382328.2 | 5804528.22 | 1234 | 0.38 | | -12 | 205 | 10 | 12.2 | 265 | 4.35 | 38 | 6.91 | | | | 0.000 |
| Rf 202/94 OP1 | 3382330.23 | 5804529.14 | 988 | 0.4 | | 6 | 223 | 10.1 | 10.4 | 226 | 3.71 | 28.8 | 6.55 | | | 0.024 | 0.002 |
| Rf 202/94 MP1 | 3382326.2 | 5804528.31 | 1143 | 0.98 | | -7 | 210 | 9.9 | 14.4 | 313 | 5.13 | 36.8 | 6.79 | | | 0.025 | 0.002 |
| Rf 202/94 MP2 | 3382326.21 | 5804528.32 | 1463 | 0.88 | | 3 | 220 | 9.7 | 24.8 | 539 | 8.84 | 40 | 6.59 | | | | 0.000 |
| Rf 202/94 UP | 3382323.16 | 5804527.43 | 1328 | | | 9 | 226 | 9.8 | 20 | 435 | 7.13 | 32 | 6.48 | | | 0.488 | 0.045 |
| Rf 203/94 OP | 3382076.6 | 5805481.18 | 1440 | 0.2 | | -1 | 216 | 10.7 | 14.8 | 322 | 5.27 | >80 | 6.66 | | | 0.034 | 0.003 |
| Rf 203/94 MP1 | 3382075.51 | 5805479.22 | 1126 | 0.5 | | -4 | 213 | 10.6 | 12.8 | 278 | 4.56 | 44 | 6.73 | | | 0.037 | 0.003 |
| Rf 203/94 MP2 | 3382075.47 | 5805478.8 | 882 | 0.5 | | 1 | 218 | 10.4 | 14.6 | 317 | 5.20 | 26.8 | 6.63 | | | | 0.000 |
| Rf 203/94 MP3 | 3382074.39 | 5805476.27 | 1240 | 0.7 | | -3 | 214 | 10.5 | 18.8 | 409 | 6.70 | 32 | 6.72 | | | 0.065 | 0.006 |
| Rf 203/94 UP | 3382074.308 | 5805474.27 | 1342 | 0.7 | | 69 | 286 | 10.6 | 20 | 435 | 7.13 | 35.6 | 5.23 | | | 0.307 | 0.028 |
| Rb 1/78 MP2 (1/78-3) | 3375318.6 | 5800557.7 | 1485 | 0.05 | | 1.6 | 219 | 9.8 | 20.2 | 439 | 7.20 | 30.4 | 7.23 | | | 1.212 | 0.112 |
| Rb 1/78 MP3 (1/78-4) | 3375318.6 | 5800557.7 | 1513 | 0.04 | | 6.5 | 224 | 10 | 19.6 | 426 | 6.98 | 31.4 | 7.2 | 0.003 | 0.058 | 1.305 | 0.121 |
| Rb 1/78 UP (1/78-5) | 3375318.6 | 5800557.7 | 1598 | 0.04 | | -49.1 | 168 | 10.1 | 20.8 | 452 | 7.41 | 34.2 | 7.15 | | | 1.344 | 0.124 |
| Wehr Diedersdorf | 3386259.5 | 5800278.6 | 1364 | 6.16 | | -22 | 188 | 19.4 | | 0 | 0.00 | | 7.1 | | | 0.331 | 0.031 |
| Verteilerbauwerk Waßmannsdorf | 3395181.4 | 5804284.6 | 1394 | 7 | | -1 | 209 | 22.2 | | 0 | 0.00 | | 6.7 | | | 0.322 | 0.030 |
| Wehr Thyrow | 3380211.2 | 5788883.64 | 1311 | 4.7 | | -28 | 182 | 17.1 | | 0 | 0.00 | | 7.21 | | | 0.253 | 0.023 |
| Nuthegraben/Freiheitsgraben | 3386919.4 | 5797253.8 | 1397 | 5.27 | | -36 | 174 | 18.3 | | 0 | 0.00 | | 7.39 | | | 0.322 | 0.030 |
| DP1 | 3382118.88 | 5799781.24 | 1336 | 0.31 | | -46 | 171 | 10.2 | 25 | 543 | 8.91 | 32 | 7.84 | | | 1.382 | 0.128 |
| DP2 | 3382118.88 | 5799781.24 | 1284 | 0.37 | | -153 | 64 | 10.1 | 22 | 478 | 7.84 | 29.4 | 7 | | | 1.423 | 0.132 |
| DP3 | 3382118.88 | 5799781.24 | 218 | 0.6 | | -147 | 70 | 10.7 | 6 | 130 | 2.14 | 8.2 | 6.9 | | | 0.164 | 0.015 |
| MITTELWERT | | | 218.0 | 0.0 | | -246.0 | -29.0 | 9.7 | 6.0 | 0.0 | | 8.2 | 5.2 | | | 0.024 | |
| KUMULATIVEN | | | 2410.0 | 7.0 | | 98.9 | 315.9 | 22.2 | 25.0 | 543.5 | | 44.0 | 7.8 | | | 1.445 | |

Resultados do monitoramento em águas superficiais ao longo do Rio Nuthegraben e águas subterrâneas (MÜLLER, 2010).

| GWM | Brom (Br) (1) | Br [meq/l] | Calcium (Ca) (9) | Ca [meq/l] | Chorid (Cl-) (3) (4) | Cl [meq/l] | Eisen (Fe) ges. (1) | Fe ges. [meq/l] | Fluorid (F-) (3) (4) | F [meq/l] | Kalium (K) (9) | K [meq/l] | Magnesium (Mg) (9) | Mg [meq/l] | Mangan (Mn) ges. (1) | Mn ges. [meq/l] | Natrium (Na) (1) | Na [meq/l] | Nitrat (NO ₃ -) (3) (8) | NO ₃ [meq/l] |
|--|---------------------------------|------------|------------------------|------------|----------------------------|------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------------|------------|----------------------------|--------------------|------------------------|------------|--|----------------------------|
| Geringfügigkeitsschwellen (limites) | 10 [µg/l] 0,01 [mg/l] (1) | | | | 250 mg/L | | 0.2 | | 750 [µg/l] 0,75 mg/L | | | | | | 0,05 mg/L | | 200 mg/L | | 50 mg/L | |
| Sanierungsbeürtigte Schade (SSW) (intervenção) | | | | | 1.250 mg/L | | | | 3.750 [µg/l] 3,75 mg/L | | | | | | | | | | 50 mg/L | |
| GW 2a | 0.68 | 0.0085 | 100 | 4.97 | 164 | 4.63 | 0.00 | 0.00 | 1.18 | 0.06 | 26.47 | 0.68 | 14.8 | 1.22 | 0.03 | 0.00 | 119 | 5.19 | 49.4 | 0.797 |
| GW 2b | | | 88 | 4.40 | 31 | 0.88 | 0.28 | 0.01 | 0.65 | 0.03 | 13.62 | 0.35 | 7.8 | 0.64 | 0.03 | 0.00 | 28 | 1.22 | 10.3 | 0.166 |
| GW 2UP | 0.65 | 0.0081 | 126 | 6.29 | 161 | 4.53 | 3.46 | 0.12 | 1.08 | 0.06 | 4.15 | 0.11 | 13.9 | 1.15 | 0.22 | 0.01 | 131 | 5.68 | 1.8 | 0.028 |
| GW 12a | 0.64 | 0.0080 | 143 | 7.14 | 189 | 5.33 | 4.28 | 0.15 | 1.26 | 0.07 | 8.69 | 0.22 | 11.3 | 0.93 | 0.77 | 0.03 | 26 | 1.11 | 2.1 | 0.034 |
| GW 12 | | | 117 | 5.82 | 52 | 1.47 | 0.03 | 0.00 | 1.18 | 0.06 | 25.91 | 0.66 | 14.7 | 1.21 | 0.59 | 0.02 | 146 | 6.33 | 1.8 | 0.029 |
| Rf 104/93 OP | | | 206 | 10.25 | 96 | 2.70 | 0.05 | 0.00 | 1.12 | 0.06 | 11.96 | 0.31 | 14.4 | 1.18 | 2.01 | 0.07 | 100 | 4.35 | 150.8 | 2.432 |
| Rf 104/93 MP1 | | | 213 | 10.61 | 125 | 3.53 | 0.72 | 0.03 | 0.87 | 0.05 | 7.04 | 0.18 | 13.4 | 1.10 | 0.35 | 0.01 | 96 | 4.19 | 3.7 | 0.060 |
| Was 204 | | | 29 | 1.42 | 19 | 0.54 | 1.01 | 0.04 | | 0.00 | 2.21 | 0.06 | 2.5 | 0.21 | 0.29 | 0.01 | 14 | 0.62 | 24.5 | 0.395 |
| Pt 6/62 UP (1340, Schöpfprobe) | | | 46 | 2.28 | 126 | 3.56 | 6.95 | 0.25 | 0.91 | 0.05 | 3.20 | 0.08 | 8.8 | 0.73 | 0.12 | 0.00 | 17 | 0.75 | 1.8 | 0.029 |
| Pt 7/62 OP (1328) | | | 223 | 11.11 | 70 | 1.96 | 0.09 | 0.00 | 0.92 | 0.05 | 9.52 | 0.24 | 19.8 | 1.63 | 0.07 | 0.00 | 56 | 2.42 | 101.7 | 1.640 |
| Lwl 13/67 OP (1351) | | | 308 | 15.36 | 257 | 7.24 | 18.24 | 0.65 | 0.86 | 0.05 | 9.11 | 0.23 | 25.9 | 2.13 | 0.78 | 0.03 | 97 | 4.20 | < 0,75 | |
| Lwl 13/67 UP (1352) | | | 198 | 9.88 | 144 | 4.06 | 10.47 | 0.37 | 0.88 | 0.05 | 6.27 | 0.16 | 12.3 | 1.01 | 0.88 | 0.03 | 180 | 7.84 | 2.0 | 0.032 |
| Rf 211/94 OP | | | 177 | 8.83 | 126 | 3.56 | 7.66 | 0.27 | 0.92 | 0.05 | 1.85 | 0.05 | 16.3 | 1.34 | 0.27 | 0.01 | 93 | 4.06 | 13.5 | 0.218 |
| Rf 211/94 UP | | | 179 | 8.95 | 128 | 3.60 | 6.07 | 0.22 | 0.92 | 0.05 | 1.85 | 0.05 | 14.3 | 1.18 | 0.30 | 0.01 | 91 | 3.95 | 0.6 | 0.010 |
| Rf 103/93 OP | 0.62 | 0.0078 | 218 | 10.85 | 72 | 2.02 | 0.00 | 0.00 | 1.13 | 0.06 | 10.97 | 0.28 | 13.6 | 1.12 | 0.56 | 0.02 | 85 | 3.69 | 66.7 | 1.075 |
| Rf 103/93 MP1 | 0.73 | 0.0091 | 203 | 10.11 | 127 | 3.58 | 5.33 | 0.19 | 1.10 | 0.06 | 3.03 | 0.08 | 14.4 | 1.19 | 0.23 | 0.01 | 75 | 3.24 | 2.7 | 0.044 |
| Rf 103/93 MP3 | 0.75 | 0.0094 | 229 | 11.44 | 138 | 3.90 | 7.19 | 0.26 | 1.08 | 0.06 | 2.38 | 0.06 | 16.5 | 1.36 | 0.43 | 0.02 | 70 | 3.05 | 2.1 | 0.034 |
| Rf 103/93 MPL | 0.84 | 0.0105 | 211 | 10.51 | 130 | 3.66 | 5.93 | 0.21 | 1.09 | 0.06 | 2.66 | 0.07 | 12.2 | 1.00 | 0.40 | 0.01 | 80 | 3.47 | 1.6 | 0.026 |
| Rf 103/93 UP | 0.74 | 0.0093 | 183 | 9.13 | 112 | 3.16 | 5.61 | 0.20 | 1.09 | 0.06 | 2.68 | 0.07 | 13.1 | 1.08 | 0.49 | 0.02 | 74 | 3.20 | 3.8 | 0.060 |
| Rf 201/94 OP | 0.56 | 0.0070 | 207 | 10.32 | 64 | 1.80 | 0.35 | 0.01 | 1.09 | 0.06 | 4.28 | 0.11 | 19.9 | 1.64 | 0.14 | 0.01 | 52 | 2.25 | 91.2 | 1.471 |
| Rf 201/94 MP1 | 0.93 | 0.0116 | 224 | 11.16 | 157 | 4.43 | 0.41 | 0.01 | 1.07 | 0.06 | 8.28 | 0.21 | 13.4 | 1.10 | 0.40 | 0.01 | 108 | 4.68 | 2.7 | 0.043 |
| Rf 201/94 MP2 | 0.88 | 0.0110 | 234 | 11.68 | 168 | 4.73 | 1.49 | 0.05 | 1.07 | 0.06 | 7.87 | 0.20 | 15.8 | 1.30 | 0.38 | 0.01 | 106 | 4.59 | 1.0 | 0.016 |
| Rf 201/94 MP3 | 0.63 | 0.0079 | 204 | 10.17 | 79 | 2.23 | 3.14 | 0.11 | 1.02 | 0.05 | 8.32 | 0.21 | 15.4 | 1.27 | 0.45 | 0.02 | 138 | 5.99 | 0.7 | 0.011 |
| Rf 201/94 UP | 0.79 | 0.0099 | 207 | 10.34 | 131 | 3.69 | 4.48 | 0.16 | 1.08 | 0.06 | 2.41 | 0.06 | 20.1 | 1.66 | 0.37 | 0.01 | 85 | 3.70 | 3.5 | 0.057 |
| Rf 202/94 OP2 | 0.56 | 0.0070 | 239 | 11.94 | 75 | 2.11 | 3.63 | 0.13 | 1.03 | 0.05 | 3.95 | 0.10 | 15.4 | 1.26 | 0.37 | 0.01 | 26 | 1.12 | 1.1 | 0.017 |
| Rf 202/94 OP1 | 0.63 | 0.0079 | 177 | 8.82 | 99 | 2.80 | 2.65 | 0.09 | 1.07 | 0.06 | 4.26 | 0.11 | 17.7 | 1.45 | 0.23 | 0.01 | 22 | 0.94 | 1.1 | 0.017 |
| Rf 202/94 MP1 | 0.51 | 0.0064 | 222 | 11.08 | 83 | 2.35 | 4.02 | 0.14 | 1.05 | 0.06 | 2.11 | 0.05 | 23.5 | 1.93 | 0.28 | 0.01 | 28 | 1.24 | 2.2 | 0.035 |
| Rf 202/94 MP2 | 0.69 | 0.0086 | 232 | 11.57 | 116 | 3.26 | 5.95 | 0.21 | 1.02 | 0.05 | 2.43 | 0.06 | 19.3 | 1.58 | 0.64 | 0.02 | 77 | 3.33 | 1.2 | 0.019 |
| Rf 202/94 UP | 0.23 | 0.0029 | 195 | 9.74 | 38 | 1.08 | 3.60 | 0.13 | 0.35 | 0.02 | 3.39 | 0.09 | 21.0 | 1.72 | 0.25 | 0.01 | 82 | 3.55 | 0.5 | 0.008 |
| Rf 203/94 OP | 0.55 | 0.0069 | 284 | 14.19 | 90 | 2.53 | 6.14 | 0.22 | 1.07 | 0.06 | 2.40 | 0.06 | 33.8 | 2.78 | 0.34 | 0.01 | 23 | 0.98 | 1.4 | 0.022 |
| Rf 203/94 MP1 | 0.52 | 0.0065 | 220 | 11.00 | 81 | 2.27 | 5.61 | 0.20 | 1.10 | 0.06 | 2.66 | 0.07 | 32.4 | 2.67 | 0.27 | 0.01 | 24 | 1.03 | 1.2 | 0.020 |
| Rf 203/94 MP2 | 0.57 | 0.0071 | 157 | 7.85 | 81 | 2.28 | 2.96 | 0.11 | 1.08 | 0.06 | 1.93 | 0.05 | 21.6 | 1.78 | 0.18 | 0.01 | 50 | 2.17 | 1.3 | 0.020 |
| Rf 203/94 MP3 | 0.62 | 0.0078 | 199 | 9.94 | 99 | 2.79 | 2.87 | 0.10 | 1.07 | 0.06 | 2.14 | 0.05 | 21.8 | 1.79 | 0.30 | 0.01 | 73 | 3.17 | 1.5 | 0.023 |
| Rf 203/94 UP | 0.71 | 0.0089 | 206 | 10.30 | 117 | 3.30 | 4.02 | 0.14 | 1.08 | 0.06 | 2.55 | 0.07 | 27.3 | 2.25 | 0.31 | 0.01 | 79 | 3.42 | 1.5 | 0.025 |
| Rb 1/78 MP2 (1/78-3) | | | 194 | 9.70 | 153 | 4.33 | 0.20 | 0.01 | 0.95 | 0.05 | 12.09 | 0.31 | 12.1 | 0.99 | 0.90 | 0.03 | 105 | 4.55 | 16.6 | 0.267 |
| Rb 1/78 MP3 (1/78-4) | | | 201 | 10.00 | 160 | 4.52 | 0.12 | 0.00 | 0.95 | 0.05 | 11.75 | 0.30 | 11.7 | 0.96 | 0.80 | 0.03 | 104 | 4.54 | 40.2 | 0.649 |
| Rb 1/78 UP (1/78-5) | | | 216 | 10.75 | 159 | 4.47 | 1.59 | 0.06 | 0.95 | 0.05 | 11.98 | 0.31 | 11.7 | 0.96 | 0.88 | 0.03 | 106 | 4.62 | < 0,75 | |
| Wehr Diedersdorf | 0.84 | 0.0105 | 130 | 6.48 | 191 | 5.38 | 0.01 | 0.00 | 1.27 | 0.07 | 26.99 | 0.69 | 31.6 | 2.60 | 0.07 | 0.00 | 142 | 6.19 | 73.4 | 1.183 |
| Verteilerbauwerk Walßmannsdorf | 0.71 | 0.0089 | 128 | 6.37 | 161 | 4.54 | 0.06 | 0.00 | 1.18 | 0.06 | 29.42 | 0.75 | 30.4 | 2.50 | 0.11 | 0.00 | 146 | 6.35 | 55.1 | 0.888 |
| Wehr Thyrow | 0.63 | 0.0079 | 123 | 6.12 | 187 | 5.27 | 0.03 | 0.00 | 1.50 | 0.08 | 27.35 | 0.70 | 31.3 | 2.58 | 0.07 | 0.00 | 136 | 5.90 | 36.1 | 0.583 |
| Nuthegraben/Freiheitsgraben | 0.93 | 0.0116 | 127 | 6.34 | 193 | 5.45 | 0.08 | 0.00 | 1.30 | 0.07 | 28.60 | 0.73 | 30.5 | 2.51 | 0.08 | 0.00 | 146 | 6.36 | 60.0 | 0.968 |
| DP1 | | | 160 | 7.97 | 113 | 3.18 | 3.87 | 0.14 | 0.83 | 0.04 | 5.24 | 0.13 | 16.0 | 1.32 | 0.35 | 0.01 | 98 | 4.26 | 1.6 | 0.025 |
| DP2 | | | 149 | 7.44 | 94 | 2.65 | 3.35 | 0.12 | 0.88 | 0.05 | 13.17 | 0.34 | 11.8 | 0.97 | 1.00 | 0.04 | 98 | 4.25 | 28.9 | 0.466 |
| DP3 | | | 39 | 1.95 | 3 | 0.09 | 0.93 | 0.03 | 1.35 | 0.07 | 6.66 | 0.17 | 1.6 | 0.13 | 0.04 | 0.00 | 5 | 0.21 | 9.8 | 0.158 |
| MITTELWERT | 0.2 | | 29 | | 3 | | 0.00 | | 0.4 | | 1.8 | | 1.6 | | 0.0 | | 5 | | 0.5 | |
| KUMULATIVEN | 0.9 | | 308 | | 257 | | 18.24 | | 1.5 | | 29.4 | | 33.8 | | 2.0 | | 180 | | 150.8 | |

| GWM | Phosphate (PO4 3-) (8) | PO4 [meq/l] | Sulfat (SO4 =) [mg/l] (3) (4) | TC | TOC [mg/l] (1) | Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte: Einzelsubstanzen [mg/L] (5) (6) | Pflanzsc hutzmittel und Biozidprod ukte: Summe | Carbamaz epine [ng/l] | Clofibrins äure [ng/l] | Primidon [ng/l] |
|---|------------------------------|-------------|--|--------|--------------------------------------|--|---|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Geringfügigkeitsschwellen (limites) | 700 mg/L | | 240 mg/L | | ohne anormale Veränderung | 0,1 [µg/l] 0,0001 mg/L jeweils | 0,5 [µg/l] 0,0005 mg/L | 100 ng/L | 100 ng/L | 100 ng/L |
| Sanierungsbeürftige Schade (SSW) (intervenção) | | | 1.200 mg/L | | | 0,5 [µg/l] 0,0005 mg/L jeweils | 2,5 [µg/l] 0,0025 mg/l | 500 ng/L | 500 ng/L | 500 ng/L |
| GW 2a | 0.33 | 0.003 | 146 | 47.61 | 12.61 | | | | | |
| GW 2b | 3.32 | 0.035 | 79 | 51.59 | 12.75 | | | 172 | 0 | 0 |
| GW 2UP | | | 169 | 54.97 | 12.13 | | | | | 736 |
| GW 12a | | | 152 | 60.66 | 15.69 | | | 13 | | 115 |
| GW 12 | | | 120 | 59.39 | 13.75 | | | | | |
| Rf 104/93 OP | 5.38 | 0.057 | 198 | 98.44 | 10.47 | | | 69 | 173 | 232 |
| Rf 104/93 MP1 | | | 232 | 107.94 | 10.96 | | | | 28 | 233 |
| Was 204 | | | 34 | 25.75 | 5.70 | | | 55 | | 0 |
| Pt 6/62 UP (1340, Schöpfprobe) | 1.54 | 0.016 | 11 | 22.07 | 14.13 | | | 0 | 0 | 0 |
| Pt 7/62 OP (1328) | 3.97 | 0.042 | 203 | 74.40 | 9.28 | | | | 0 | 55 |
| Lwl 13/67 OP (1351) | | | 722 | 93.24 | 15.06 | | | 0 | | 0 |
| Lwl 13/67 UP (1352) | | | 186 | 99.95 | 7.82 | | | 0 | 1 | 47 |
| Rf 211/94 OP | | | 220 | 96.83 | 4.96 | | | 0 | 0 | 0 |
| Rf 211/94 UP | | | 214 | 96.36 | 11.25 | | | | | |
| Rf 103/93 OP | 3.77 | 0.040 | 270 | 81.64 | 13.36 | | | 48 | 0 | 156 |
| Rf 103/93 MP1 | | | 213 | 72.23 | 9.88 | | | | | |
| Rf 103/93 MP3 | | | 279 | 68.73 | 9.01 | | | | 0 | 0 |
| Rf 103/93 MPL | | | 259 | 71.73 | 9.87 | | | | | |
| Rf 103/93 UP | | | 222 | 69.52 | 10.56 | | | | | |
| Rf 201/94 OP | | | 192 | 69.39 | 9.69 | | | | | 130 |
| Rf 201/94 MP1 | | | 236 | 80.62 | 9.08 | | | | | 389 |
| Rf 201/94 MP2 | | | 224 | 77.84 | 9.41 | | | | | |
| Rf 201/94 MP3 | | | 113 | 79.44 | 10.34 | | | | | |
| Rf 201/94 UP | | | 221 | 71.71 | 10.24 | | | | | |
| Rf 202/94 OP2 | | | 323 | 48.81 | 9.33 | | | 134 | 87 | 154 |
| Rf 202/94 OP1 | | | 189 | 41.36 | 9.04 | | | | | 4 |
| Rf 202/94 MP1 | | | 297 | 48.20 | 9.41 | | | | | |
| Rf 202/94 MP2 | | | 228 | 76.03 | 10.03 | | | | | |
| Rf 202/94 UP | | | 71 | 69.35 | 10.92 | | | | | |
| Rf 203/94 OP | | | 427 | 53.68 | 9.61 | | | | 0 | 0 |
| Rf 203/94 MP1 | | | 288 | 50.25 | 9.27 | | | | 0 | 0 |
| Rf 203/94 MP2 | | | 141 | 53.34 | 9.51 | | | | | |
| Rf 203/94 MP3 | | | 190 | 64.80 | 9.56 | | | | | |
| Rf 203/94 UP | | | 219 | 68.32 | 10.78 | | | | | |
| Rb 1/78 MP2 (1/78-3) | 4.37 | 0.046 | 256 | 82.09 | 8.81 | | | | 0 | 538 |
| Rb 1/78 MP3 (1/78-4) | 3.42 | 0.036 | 280 | 91.11 | 8.11 | | | | | 604 |
| Rb 1/78 UP (1/78-5) | | | 313 | 91.22 | 7.19 | | | | | 405 |
| Wehr Diedersdorf | | | 170 | 50.84 | 16.80 | | | 1520 | | 522 |
| Verteilerbauwerk Waßmannsdorf | | | 119 | 65.73 | 26.38 | | | 1485 | | 505 |
| Wehr Thyrow | | | 156 | 54.88 | 16.72 | | | 1294 | | 490 |
| Nuthegraben/Freiheitsgraben | | | 167 | 55.03 | 17.88 | | | 1422 | | 493 |
| DP1 | | | 165 | 101.46 | 10.57 | | | 64 | | 401 |
| DP2 | | | 176 | 96.32 | 12.99 | | | 156 | | 310 |
| DP3 | 16.03 | 0.169 | 17 | 33.02 | 11.13 | | | | 0 | 0 |
| MITTELWERT | 0.3 | | 11 | 22.1 | 5.0 | | | | | |
| KUMULATIVEN | 16.0 | | 722 | 107.9 | 26.4 | | | | | |

Resultados do monitoramento em águas superficiais ao longo do Rio Nuthegraben e águas subterrâneas (MÜLLER, 2010).

- 1) Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch Trinkwasserverordnung - vom 21.5.2001
- 2) Wirkungspfad Boden - Grundwasser - Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden - grundwasser nach # 8 Abs. 1 satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (in µg/l, Analytik nach Anhang 1)
- 3) BERLINER LISTE 2005 (Auszüge)
Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) und sanierungsbeurftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L)
Anorganische Stoffe - GFS (limite)
- 4) BERLINER LISTE 2005 (Auszüge)
Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) und sanierungsbeurftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L)
Anorganische Stoffe - SSW (interferência)
- 5) BERLINER LISTE 2005 (Auszüge)
Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) und sanierungsbeurftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L)
Organische Stoffe - GFS (limite)
- 6) BERLINER LISTE 2005 (Auszüge)
Geringfügigkeitsschwellen - (GFS) und sanierungsbeurftige Schade (SSW) für Grundwasser (µg/L)
Organische Stoffe - SSW (interferência)
- 7) AUSZUG AUS DER BRANDENBURGER LISTE 1993
Prüfwerte zur Sanierung kontaminierten Gründwassers (µg/L) Kategorie I
- 8) AUSZUG AUS DER BRANDENBURGER LISTE 1993
Prüfwerte zur Sanierung kontaminierten Gründwassers (µg/L) Kategorie II
- 9) Hydrogeologische Parameter - PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS

ANEXO 5 – Artigo publicado na Ecotoxicology. Vol20, n2.

Toxicity evaluation of water samples collected near a hospital waste landfill through bioassays of genotoxicity piscine micronucleus test and comet assay in fish Astyanax and ecotoxicity Vibrio fischeri and Daphnia magna.

Toxicity evaluation of water samples collected near a hospital waste landfill through bioassays of genotoxicity piscine micronucleus test and comet assay in fish *Astyanax* and ecotoxicity *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*

Margarete Casagrande Lass Erbe ·
Wanessa Algarte Ramsdorf · Taynah Vicari ·
Marta Margarete Cestari

Accepted: 25 November 2010
© Springer Science+Business Media, LLC 2010

Abstract In this study, we analyzed samples of water from a river and a lake located near a hospital waste landfill with respect to physico-chemical parameters and conducted bioassays of ecotoxicity using *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*, which are species commonly used to evaluate the water toxicity. We also evaluated damage to the genetic material of fish (*Astyanax* sp. B) that were exposed (96 h) to water from these two sites that were located near the tank ditch, using the alkaline comet assay and the piscine micronucleus test. Parameters including aluminum, manganese, biochemical oxygen demand, sulfide, conductivity, phenol, total coliforms and *Escherichia coli* counts, were above acceptable levels that have been established in environmental legislation. However, the toxicity bioassays that we carried out in *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna* and the piscine micronucleus test in fish showed no immediate risk due to acute effects. Based on the results of the comet assay, however, it was possible to detect damage to genetic material in fish that were acutely exposed in the laboratory to water samples from the river and lake that are located near the trench septic tank. Thus, our results suggest that tests beyond those usually employed to test water toxicity, such as the comet assay we used in the fish, are required to assess the toxicity of water with greater accuracy.

Keywords Toxicity water · DNA damage · Landfill septic

Introduction

The unique properties of water make it ideally suited for a myriad of domestic, municipal, industrial and agricultural activities (White and Rasmussen 1998). Groundwater and rainwater are responsible for recharging surface waters and act as solvents when they come into contact with other materials. As a result, water naturally contains dissolved cations and anions, as well as some non-ionic inorganic materials. Water is used to grow crops, transfer heat generated during the production of electric power, and assist in an enormous variety of industrial and domestic activities. Most of the water that is withdrawn from natural reservoirs is not actually consumed and is ultimately returned to its source without any significant alterations in its quality. In contrast, the use of water for industrial, municipal, and domestic activities can result in serious alterations in water quality. Water is also a convenient and versatile solvent that is often used to transport waste products away from their site of production and discharge. Unfortunately, the transported waste products are often toxic, and their presence can seriously degrade the habitat of the river, lake, harbor or stream that receives them (White and Rasmussen 1998). Consequently, watercourses that are located near environmentally impacted regions may have toxic characteristics that make them unfit for the irrigation of vegetables and fruit trees and may even be prohibitive for aquaculture and consumption by the animals that live there.

Brazilian federal law for the classification of water aims to control the release of environmental pollutants and prohibits the release of toxic materials at levels that are

M. C. L. Erbe
Department of Geology, Federal University of Paraná, Curitiba,
PR, Brazil

W. A. Ramsdorf (✉) · T. Vicari · M. M. Cestari
Departamento Genética, Setor de Ciências Biológicas,
Jardim das Américas, UFPR, Centro Politécnico,
Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal: 19071,
Curitiba, PR CEP 81531-990, Brazil
e-mail: wanessa@ufpr.br

harmful or dangerous to humans and other life forms. Water quality can be monitored by evaluation through physical and chemical analyses (CONAMA 2005). Furthermore, water testing laboratories should be structured to meet the provisions of CONAMA Resolution no. 357/2005.

In cases where the analytical methodology available is insufficient to quantify the concentrations of toxic substances in water, it is indicated that sediments and/or aquatic biota should be investigated for the possible presence of these substances. Bioassays that are commonly used for the evaluation of water toxicity are the toxicity factor for *Vibrio fischeri*, and the static system in the laboratory for *Daphnia magna*.

In addition to the physico-chemical parameters that we measured and the bioassays conventional of ecotoxicity that we carried out with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*, we evaluated the possibility of damage to the DNA (genotoxicity) of the neotropical fish, *Astyanax* sp. B, that were exposed to river and lake water near a landfill septic tank by performing the alkaline comet assay and the piscine micronucleus test.

Methodology

Study area

We analyzed two points that border a landfill septic tank of 83,400 m² that was employed for 25 years (from 1980 to 2005) to discard 934,000 tons of medical waste from Curitiba and its metropolitan region, Paraná/Brazil (SMMA 2006). The lake is located to the west and the river to the east of the Curitiba landfill septic tank, 25 and 30 m away, respectively. A sample of water from each point was collected for physico-chemical analysis, microbiological analysis and to perform bioassays of acute toxicity using

Daphnia magna and *Vibrio fischeri*. These samples were collected in plastic bottles and placed in Styrofoam[®] boxes with ice. Two additional water samples of 20 l each were collected for the experiments on specimens of *Astyanax* sp. B. These samples were placed in coolers and kept artificially aerated during the entire process of collection, transportation to the aquarium and experimental exposure of specimens. Figure 1 illustrates the localization of the study area.

Analysis of physico-chemical and microbiological parameters and of acute toxicity by bioassay

Tests were carried out by the Center for Research and Processing Industry of Technology (CEPPA), Paraná Federal University. The samples were analyzed for the following metals: aluminum, arsenic, barium, cadmium, calcium, lead, copper, dissolved copper, chromium, tin, iron, dissolved iron, magnesium, manganese, mercury, nickel, silver, selenium and zinc. In addition to these metals we assessed the total alkalinity, true color, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, soluble chemical oxygen demand, total hardness, phosphate, total phosphorus, nitrate, nitrite, total Kjeldahl nitrogen, ammonia nitrogen, organic nitrogen, sulfate, turbidity, oil and grease, total dissolved solids, dissolved fixed solids, dissolved solids, volatile solids, fixed solids, temperature, pH, chloride, dissolved oxygen, sulfide, conductivity, boron, cyanide, fluoride, phenol, chloroform, dichloroethene, carbon tetrachloride, and trichloroethylene. Microbiological measurements included counts of total coliforms (most probable number MPN/100 ml) and *Escherichia coli* (MPN/100 ml). Conventional ecotoxicity evaluation was performed using the bioassay of acute toxicity with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*—EC(I)₅₀: 48 h rate of immobility and sensitivity to potassium dichromate.

Fig. 1 Localization of the septic landfill studied, 2 km away from the area of Environmental Protection—Passauna/Paraná



Genotoxic damage

Specimens of the neotropical fish *Astyanax* sp. B ($N = 48$) were acquired commercially from a pisciculture farm and acclimatized in the laboratory for 4 weeks before experiments were conducted under a controlled temperature (22°C) and photoperiod (12 h light and 12 h of darkness). After acclimatization, the specimens were placed in three separate 20 l aquaria, comprising three different groups: negative control ($N = 15$), river water ($N = 15$) and lake water ($N = 18$). The aquaria with the negative control group of fish received only filtered water. The fish in the experimental groups were exposed to the water collected from the sites for 96 h. After this period, each specimen was anesthetized with benzocaine 10% (Merck, Darmstadt, Germany) (Gomes et al. 2001), and peripheral blood was collected from the dorsal vessels vertically by puncturing the axilla of the anal fin through to the hemal canal. An aliquot of 10 μ l of the blood sample was maintained in 1 ml of fetal bovine serum (FBS) for the comet assay. All samples were maintained at 4°C and protected from light for 24 h (Ramsdorf et al. 2009).

For the piscine micronucleus test, one microscope slide was prepared for each fish by drawing a drop of fish blood over the slide to form a thin smear that was then air-dried for 24 h and then fixed in absolute ethanol for 30 min. Each slide was subsequently stained with 10% Giemsa solution for 10 min. The alkaline comet assay and the piscine micronucleus test were conducted at the Paraná Federal University in the Animal Cytogenetics and Environmental Mutagenesis laboratory, Department of Genetics, Sector of Biological Sciences.

Piscine micronucleus test

The piscine micronucleus test was performed by analyzing 2,000 peripheral erythrocytes per fish, under 1,000 \times magnification, according to the technique described by Heddle (1973) and Schmid (1975). The frequency of micronuclei and nuclear morphologic alterations were observed and scored for the presence of both typical micronuclei and nuclear alterations that were manifested as changes in the normal elliptic shape of the nuclei (Ayllon and Garcia-Vazquez 2000).

Alkaline comet assay

The comet assay was performed with peripheral blood (erythrocytes) as previously described (Speit and Hartmann 1999). Briefly, 10 μ l of the homogenized blood in FBS was diluted in 120 μ l of low melt agarose and placed on a slide coated with ultra-pure agarose. The slides were placed in lysis solution (lysis stock solution: NaCl (2.5 M), EDTA

(100 mM), Tris (10 mM), NaOH (0.8%), *N*-lauryl-sarcosinate (1%); lysis working solution: Triton X-100 (1%), DMSO (10%) in lysis stock solution) for 24 h at 4°C. Afterwards, the slides were first immersed in a solution of NaOH (10 N) and EDTA (200 mM), pH > 13 for 20 min, to effect DNA denaturation and were then subjected to electrophoresis at 300 mA and 25 V, for 25 min. After neutralization in 0.4 M Tris, pH 7.5 and fixation in ethanol for 10 min, the comets were stained with 0.02 g/ml ethidium bromide and scored using a Leica DMLS2 epifluorescence microscope. One hundred comets on each slide were scored visually, and each scored comet was assigned a value of 0, 1, 2, 3, or 4 [from undamaged (0) to maximally damaged (4)] (Collins et al. 1997).

Statistical analysis

The statistical analysis for the comparison between the groups (negative control, lake and river water) was performed using the Kruskal–Wallis test was used in comet assay and micronucleus bioassays. Results with $P < 0.05$ were considered statistically significant.

For micronucleus and comet assay, the results are presented in median \pm quartiles 1 and 3 in Table 4. When the data is not symmetrical, median is the ‘average’ way that provides a better idea of any general tendency in the data. The median is at the middle of an ordered (ranked) data set and is a useful measure for ordinal variables.

Results

Physico-chemical and microbiological analysis

The results of our physico-chemical and microbiological analyses were found to be within the acceptable limits established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for Class 2 water bodies (rivers). Table 1 shows the parameters that exceeded these limits, and Table 2 shows the parameters that precluded further analysis due to reaching the detection limits of our analytical equipment.

Bioassay with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*

Table 3 presents the results from the evaluation of conventional ecotoxicity that we performed using the bioassay with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*. Through the results, it was observed that the pure sample showed inhibition of luminescence less than 50% in *Vibrio fischeri* and did not cause immobility of bodies in *Daphnia magna*, indicating absence of toxicity of the river water and lake water.

Table 1 Parameters beyond the limits of CONAMA Resolution no. 357/2005—River Class 2

| Parameters | River | Lake | CONAMA no. 357/2005—River Class 2 ^a |
|------------------------------------|-------------|-------------|---|
| Aluminum mg/l | 4.77 | 4.83 | Aluminum dissolved 0.1 mg/l Al |
| Manganese mg/l | 0.63 | 1.1 | Manganese total 0.1 mg/l Mn |
| Biochemical oxygen demand mg/l | 17.98 | 16.88 | DBO 5 days at 20°C to 5 mg/l O ₂ |
| Sulfide mg S ⁻² /l | 0.8 | <0.05 | Sulfide (H ₂ S coupled) 0.002 mg/l S |
| Conductivity ^b μS/cm | 304 | 204 | |
| Phenol mg/l | 0.006 | 0.002 | Total phenol (substances that react with 4-aminoantipyrine) 0.003 mg/l C ₆ H ₅ OH |
| Total coliform NMP/100 ml | 2.4 × 1,000 | 2.8 × 1,000 | 1,000 thermotolerant coliforms/100ml |
| <i>Escherichia coli</i> NMP/100 ml | 2.8 × 10 | 6.0 × 10 | |

^a Class 2: water that can be designated for the following: (a) Supplies for human consumption after conventional treatment, (b) Protection of aquatic communities, (c) Primary contact recreation such as swimming, water skiing and diving, following CONAMA Resolution no. 274 of 2,000, (d) Irrigation of vegetables, fruit trees, parks, gardens, sports fields and recreation, with which the public might have direct contact, and (e) Aquaculture and fishing activity

Note (Fenzl 1988) in pure water, sensitive equipment can detect a slight electrical conductivity of $4.2 \cdot 10^{-2}$ μS/cm at 25°C

Table 2 Parameters not assessed because of the limit of detection for the analytical methods used

| Parameters | River | Lake | CONAMA no. 357/2005—River Class 2 | Analytical method |
|---------------------------|-------|-------|---|--|
| Cadmium mg/l | <0.02 | <0.02 | Cadmium total 0.001 mg/l Cd | AOAC Association of official analytical chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 18th edn. Gaithersburg, 2005 |
| Lead mg/l | <0.10 | <0.10 | Lead total 0.01 mg/l Pb | |
| Nickel mg/l | <0.05 | <0.05 | Nickel total 0.025 mg/l Ni | |
| Phosphorus total mg/l | <0.05 | – | Phosphorus total to 0.030 mg/l in lentic environments | Stannous chloride method. In: Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edn. Washington: APHA, AWWA, WEF. 2005 |
| Chloroform mg/l | <2.0 | <2.0 | Note: trihaometanos up to 0.1 mg/l—drinking water quality | DPD Ferrous titrimetric method. In: Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington: APHA, AWWA, WEF. 2005 |
| Dichloroethene mg/l | <2.0 | <2.0 | 1,1-Dichloroethene 0.003 mg/l | |
| Carbon tetrachloride mg/l | <2.0 | <2.0 | Carbon tetrachloride 0.002 mg/l | |
| Trichloroethene mg/l | <4.0 | <4.0 | Trichloroethene 0.03 mg/l | |

Table 3 Assessment of toxicity by bioassays with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*

| Parameters | River | Lake | |
|---|--|--|---|
| Acute toxicity bioassay with <i>Vibrio fischeri</i> | FT _B = 4 | FT _B = 2 | Detection limit 1 FT _B —less dilution of the sample is not observed significant effect of inhibition of luminescence of the indicator organism |
| Acute toxicity bioassay with <i>Vibrio fischeri</i> | CE ₂₀ = 32.42% | CE ₂₀ = 63.08% | Effective sample concentration inhibiting 20% of the luminescence of the indicator organism |
| Acute toxicity bioassay with <i>Vibrio fischeri</i> | CE ₅₀ = NA | CE ₅₀ = NA | The pure sample showed inhibition of luminescence less than 50% |
| Acute toxicity to <i>Daphnia magna</i> —CE(I) ₅₀ : 48 h | FT _d = 1 | FT _d = 1 | The highest concentration tested did not cause immobility of bodies (FT _d = 1) |
| Rate immobility | <10% | <10% | |
| Acute toxicity to <i>Daphnia magna</i> —sensitivity to potassium dichromate | CE(I) ₅₀ : 24 h = 0.12 mg/l | CE(I) ₅₀ : 24 h = 0.12 mg/l | Maximum 0.26 mg/l |

Piscine micronucleus test

There was no statistically significant difference detected between our study groups for the results of the piscine micronucleus test determined by using the Kruskal–Wallis test ($P = 0.6635$). However, the median of the control group (median = 2) was less, but not significantly less, than the medians of the nuclear changes of the exposed groups (median = 4.5 for river water, median = 3.0 for lake water), indicating that the time of exposure was too short to cause significant damage to the DNA of these indicator species (results presented in Table 4). Figure 2 shows the correlation between the lake or river

Table 4 Results of the genotoxicity (piscine micronucleus test and the comet assay in *Astyanax* sp. B erythrocytes)

| Tests | Negative control | River | Lake |
|--------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Micronucleus test | | | |
| $\mu \pm ds$ | 3.87 \pm 3.94 | 4.22 \pm 2.49 | 4.47 \pm 4.32 |
| Median/Q1–Q3 | 2.0/1.0–6.5 a | 4.5/2.25–6.0 a | 3.0/2.0–6.0 a |
| Comet assay test | | | |
| $\mu \pm ds$ | 74.4 \pm 36.24 | 146.65 \pm 21.99 | 149.47 \pm 26.73 |
| Median/Q1–Q3 | 89/50–96.5 A | 145/132–161 B | 147/131–170.5 B |

Small letters (a) indicate comparison between groups (negative control, river and lake water) in the micronucleus test and *capital letters* (A and B) indicate comparison between groups (negative control, river and lake water) in the comet assay, in all situations $P < 0.05$. The *same letters* indicate the lack of a statistically significant difference, and *different letters* indicate a statistically significant difference

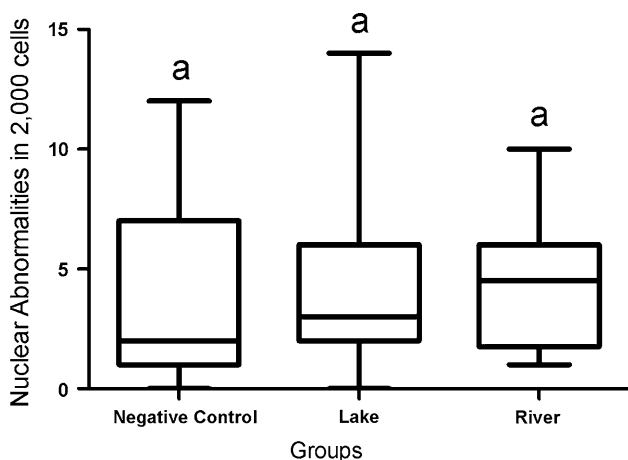


Fig. 2 Comparisons between groups (control, river and lake water) for the micronucleus test *small letters* indicate comparison between groups, which $P < 0.05$ considered significant. The *same letters* indicate the lack of a statistically significant difference, and *different letters* indicate a statistically significant difference

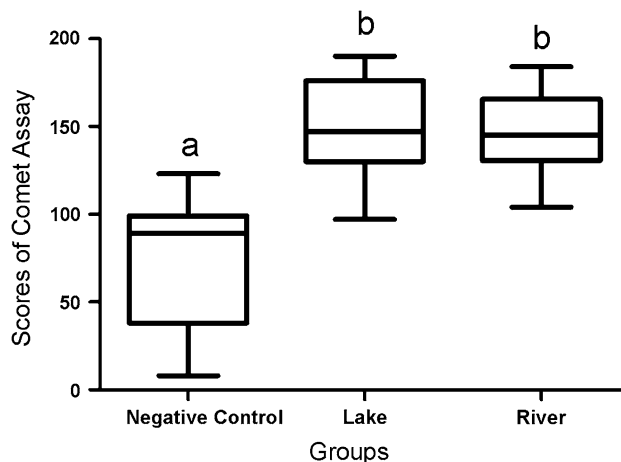


Fig. 3 Comparisons between groups (control, river and lake water) of the scores in the comet assay. *Small letters* indicate comparison between groups, which $P < 0.05$ considered significant. The *same letters* indicate the lack of a statistically significant difference, and *different letters* indicate a statistically significant difference

water-exposed and control groups, in the piscine micronucleus test.

Comet assay

By performing the comet assay with erythrocytes, we found that the specimens that were exposed to river water or lake water had an increase in DNA damage compared to negative control specimens ($P = 0$ in both comparisons). However, there was no significant difference between the two sites ($P = 0.8117$) based on the Kruskal–Wallis test (Table 4). Figure 3 shows the correlation between the lake or river water-exposed and control groups in the comet assay.

Discussion

They will be considered in the discussion of the results obtained, evaluation of the risks associated with parameters that we detected that exceeded the limits of the Brazilian Federal Law—CONAMA Resolution no. 357/2005 and after that discussion about the sensitivity of the conventional bioassays of ecotoxicity (*Daphnia magna* and *Vibrio fischeri*) and bioassays of genotoxicity (comet assay and micronucleus test) using fish.

Risks associated with parameters that extend beyond the limits of Brazilian Federal Law

Following is an assessment of the risks associated with parameters that we detected that exceeded the limits of the Brazilian Federal Law—CONAMA Resolution no. 357/2005.

Aluminum

Aluminum (Al) is a common mineral that forms rocks, a highly mobile element that is under-represented in the groundwater. Levels above 1 mg/l are rare, and only under conditions of $\text{pH} < 4$ can Al be found at levels above 10 mg/l in groundwater. At our sample sites, Al levels were 4.77 and 4.83 mg/l for the river and the lake, respectively. The limit established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for class 2 (rivers) is 0.1 mg/l. The high levels we detected are supported by the coincident presence of a high concentration of iron: 2.8 mg Fe/l at river and 2.51 mg Fe/l at lake, which stimulates the dissolution of Al (Fenzl 1988).

Al is considered to be a non-essential metal that can be toxic to humans, in excess. The effects on human health that are associated with ingestion and inhalation of Al are osteomalacia (softening of bones) and neurotoxic effects including neurofibrillary tangles, behavioral changes, possibly causing Alzheimer's disease and some human syndromes of dementia (Plumlee and Ziegler 2007). The work carried out by Lankoff et al. (2006) has demonstrated the occurrence of DNA damage in human blood and apoptosis after 72 h of exposure to aluminium chloride at doses of 2, 5, 10 and 25 mg/l.

Manganese

Manganese (Mn) is found commonly in many types of mineral deposits and has little mobility with respect to geochemistry. Levels above 0.05 mg/l of Mn affect the usability of groundwater (Fenzl 1988). At our sample sites, the concentrations of Mn were 0.63 and 1.1 mg/l, respectively, for river and lake water. The limit established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for class 2 rivers is 0.1 mg/l. Chronic exposure to Mn leads to neurological disorders and psychiatric conditions, and the ingestion of excess Mn leads to liver cirrhosis (Plumlee and Ziegler 2007).

Biochemical oxygen demand

To measure the consumption of oxygen in water, the biochemical oxygen demand (BOD) parameter is used. The BOD is the amount of oxygen required to consume all the organic matter contained in water. Groundwater generally contains less than 1 ppm BOD/l, and values above 1 ppm indicate pollution (Fenzl 1988). In the samples we collected, BOD over 5 days at 20°C was 17.98 and 16.88 mg/l for river and lake, respectively. The limit established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for class 2 (rivers) is 5 mg/l O_2 .

Sulfide

Covalent compounds of sulfur, such as carbon disulfide (CS_2) and hydrogen sulfide (H_2S) are considered to be sulfides. Most of the metallic sulfides are toxic by inhalation or ingestion. H_2S gas is toxic to fish and other living organisms in water (Fenzl 1988). Compounds H_2S and HS^- form in the water along with heavy metals, which are compounds that are hardly soluble and that precipitate rapidly. In the sample sites in this study, the sulfide levels, measured as S^{-2} mg/l, were 0.8 and 0.05, respectively for river and lake. The limit established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for Class 2 (rivers) is 0.002 mg/l sulfide (H_2S coupled).

Conductivity

Most dissolved substances in water dissociate into ions that can conduct electrical current. The electrical conductivity (C) indicates the amount of material that is dissolved in water expressed as mho/m^{-1} or the Siemens (S) per cm^3 at 25°C, and C is a reciprocal value of the electrical resistance (Heath 1982). The concentrations of ions in natural waters are so low that they are referred in μS (microsiemens, 10^{-6} S). In the samples from our study sites, the conductivities at 25°C were 304 and 204 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ for river and lake, respectively. In pure water, sensitive equipment can detect a slight electrical conductivity of $4.2 \cdot 10^{-2} \mu\text{S}/\text{cm}^3$ at 25°C (Fenzl 1988).

Phenol

Phenol is poorly soluble or insoluble in water. Numerous compounds can significantly affect organoleptic properties of phenols at concentrations of 2 $\mu\text{g}/\text{l}$. After chlorination/disinfection of the water, the removal of phenol is hindered. When phenol is consumed over a long period, the chlorophenols that are formed can lead to carcinogenic effects. The limit suggested by the World Health Organization (WHO) is 0.001 mg/l (Fenzl 1988). At the samples sites in this study, the concentrations of phenol were 0.006 and 0.002 mg/l, respectively, for river and lake water. The limit established by CONAMA Resolution no. 357/2005 for Class 2 waters (rivers) is 0.003 mg/l of total phenols. Kolachana et al. (1993) reports the induction of oxidative DNA damage by exposure to benzene and its phenolic metabolites (phenol, catechol, hydroquinone and 1,2,4-benzenetriol) using HL60 cells in vitro and mouse bone marrow in vivo.

Coliform and *Escherichia coli*

CONAMA Resolution no. 357/2005 for Class 2 waters (rivers) requires that, for the use of primary contact for

water recreation, CONAMA Resolution no. 274/2000 must be obeyed. For other uses, coliforms in water should not exceed a limit of 1,000 coliforms per 100 ml in 80% or more of at least six samples collected during the period of 1 year, generally bi-monthly. *Escherichia coli* levels may be determined to replace the parameter of coliform levels, according to limits set by the environmental agency. At our sample sites, the count of total coliforms (NMP/100 ml) was 2,400 and 2,800 and the count of *Escherichia coli* (MPN/100 ml) was 28 and 60 for river and lake, respectively.

Sensitivity of the conventional bioassays of ecotoxicity (*Daphnia magna* and *Vibrio fischeri*) and bioassays of genotoxicity (comet assay and micronucleus test) using fish

Rapid and sensitive tools are needed for screening hazardous properties of such chemicals prior to intensive toxicological investigation and risk assessment. Short-term bioassay systems would appear to be relevant for the preliminary screening of the potential effects of environmental chemicals on human and ecological health (Park and Choi 2007).

Acute toxicity to the test organism *Daphnia magna* was also not observed to cause immobility of the organisms at any concentration tested. The acute toxicity bioassay we conducted with *Vibrio fischeri* showed negative results for the two sample sites, and there was no significant effect of inhibition of luminescence of the indicator organism. Given the importance of *D. magna* in aquatic ecosystems, information concerning ecotoxicity of widely used residues on these species could be valuable in relation to aquatic ecotoxicology.

The results from the bioassays using *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna* indicate that the water quality at both of the test sites, even if it is proven to be chemically contaminated, is acceptable for use under current legal standards, which differs from the results of the bioassays of genotoxicity (piscine micronucleus test and comet assay) we conducted in fish.

Fish are one of the groups of organisms that are most indicated for the monitoring of aquatic environments (Van Der Oost et al. 2003). When DNA damage or changes in the micronuclei occur and the lesion is not repaired, a series of biologically damaging reactions will be initiated, first at the level of the cell, then, possibly affecting the whole body of the animal. Damage to the DNA of aquatic animals has been associated with reduced growth, abnormal development and reduced survival of embryos, larvae and adults (Lee and Steinert 2003).

Micronuclei are composed of whole or partial chromosomes that have not been incorporated into the daughter

nucleus during cell division and appear as small, round darkly-stained structures that are otherwise identical in appearance to the cell nucleus (Bombail et al. 2001). Various authors (Hooftman and de Raat 1982; Hose et al. 1987) have suggested that variations in the shape of micronuclei could represent an alternative approach for detecting genotoxicity. In spite of the fact that a correlation between nuclear abnormalities and genotoxic effects has not yet been established, preliminary observations strongly suggest that such morphological alterations could be a manifestation of the effects of xenobiotics (Ferraro et al. 2004). The nuclear changes that we observed in groups of 15 and 18 *Astyanax* sp. B fish that were exposed to the lake and river water exhibited median values of 3.0 and 4.5 for lake and river, respectively, and the median of the control group was 2.0. Figure 4 illustrates the changes arising from exposure to lake and river water.

The results that we observed from the piscine micronucleus test could have occurred due to the low number of fish that we analyzed, which could lead to an error in the nuclear alteration frequency that is detected because this method is less sensitive than the comet assay (Kim and Hyun 2006). This test is less sensitive because it does not detect mitotic disjunctions if they do not result in chromosomal loss in anaphase, nor does it detect chromosomal aberrations caused by rearrangement, if these changes did not originate from acentric fragments (Metcalf 1989). In addition the period of exposure of 96 h that we used may have been an insufficient amount of time to cause more damage to DNA. The application of the micronucleus test in peripheral blood samples is particularly indicated for conditions of chronic exposure. This assay requires that the cell population undergoes mitosis, so the duration of the cell cycle for the cell type in question should be known (Udroiu 2006).

DNA strand breaks are potential pre-mutagenic lesions and are sensitive markers of genotoxic damage. Among the available genotoxicity indicator tests, the comet assay has recently attracted much attention. Since the protocol was published by Singh et al. (1988), it has been increasingly used in different fields of study, and it is considered a sensitive and rapid technique for the detection of DNA strand breaking, and is ideally suited as a non-specific biomarker of genotoxicity for environmental monitoring (Park and Choi 2007).

Several studies have shown that the comet assay is particularly sensitive for detecting DNA damage that is caused by different classes of mutagenic contaminants in fish. Thus, the comet assay is an important tool for ecological monitoring studies because it demonstrates the genotoxic effects of exposure to environmental contaminants (Belpaeme et al. 1998). It was possible to verify by the comet assay the occurrence of DNA damage in fish that

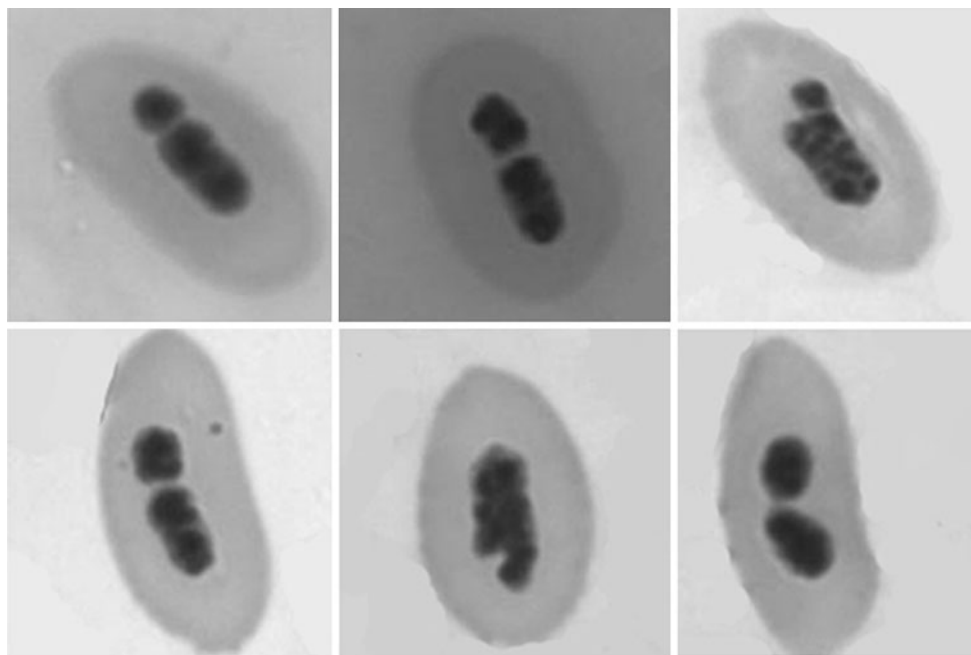


Fig. 4 Nuclear morphological abnormalities of *Astyanax* sp. B erythrocytes

were subjected to an acute exposure test for 96 h in water from the lake and the river near the landfill septic tank.

Park and Choi (2007) described an alkaline comet assay, based on the method described by Singh et al. (1988), with adaptation for *Daphnia*. These authors, based in the important position in the aquatic food chain, sensitivity to many pollutants, easy to culture and have a short life cycle, they considered that *Daphnia* as suitable species for aquatic biomonitoring. The ecotoxicity tests using *Daphnia* may provide an insight into the potential toxic effects of hazardous chemicals in aquatic environments. Moreover, information concerning genotoxicity, as well as, classical acute toxicity, on these species can be valuable for freshwater monitoring, taken into account of the importance of *D. magna* in the aquatic ecosystem.

Lee et al. (2009) analyzed the correlation between genotoxicity and eco-toxicity parameters to validate the ecotoxicological relevance of the response of DNA damage due to nanoparticle exposure in *D. magna*. DNA damage, particularly DNA strand breaks, was measured using a comet assay to evaluate whether the nanoparticles exerted genotoxicity on *D. magna*. To investigate the physiological- and organism-level effects of the tested nanoparticles, conventional ecotoxicity tests were conducted using mortality, growth and reproduction as the endpoints. Considering the potential of *D. magna* as bioindicator species, and the importance of the genotoxicity of nanoparticles in ecotoxicity monitoring, the measurement of the DNA damage in these species after exposure to nanoparticles could

provide useful information for freshwater monitoring (Lee et al. 2009).

This result of comet assay in this paper suggests that the lesions we detected were produced by physical and chemical agents. DNA strand breakage can be directly related to genotoxic compounds, resulting in apoptosis or necrosis.

Conclusion

The risks associated with the parameters that we detected at our study sites that have surpassed the acceptable levels set by Brazilian Federal Law were confirmed by the results of the comet assay when we used fish as biomonitors. The acute toxicity bioassay with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*, however, showed no risk of toxicity associated with the parameters of aluminum, manganese, BOD, sulfate, conductivity, phenol, total coliform and *Escherichia coli* that were above the limit.

As a result, we suggest adding more tests to the standard methods for evaluating the toxicity of water, such as the comet assay with fish. However, more studies for longer exposure times and the monitoring of other endpoints in *Vibrio* and *Daphnia* must be carried through to corroborate our conclusions.

Acknowledgments The authors thank CNPq and the Aquatóxi group. This research was supported by CAPES, Brazil.

References

- Ayllon F, Garcia-Vazquez E (2000) Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test. *Mutat Res* 467:177–186
- Belpaeme K, Cooreman K, Kirsch-Volders M (1998) Development and validation of the in vivo alkaline comet assay for detecting genomic damage in marine flatfish. *Mutat Res* 415(3):167–184
- Bombail V, Aw D, Gordon E, Batty J (2001) Application of the comet and micronucleus assays to butterfish (*Pholis gunnellus*) erythrocytes from the Firth of Forth, Scotland. *Chemosphere* 44:383–392. doi:10.1016/S0045-6535(00)00300-3
- Collins A, Dusinská M, Franklin M, Somorovská M, Petrovská H, Duthie S, Fillion L, Panayiotidis M, Raslová K, Vaughan N (1997) Comet assay in human biomonitoring studies: reliability, validation, and applications. *Environ Mol Mutagen* 30(2):139–146
- CONAMA (2005) Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005
- Fenzl N (1988) Introdução à Hidrogeoquímica. Federal University of Pará, Belém
- Ferraro MV, Fenocchio AS, Mantovani MS, Oliveira-Ribeiro CA, Cestari MM (2004) Mutagenic effects of tributyltin (TBT) and inorganic lead (PbII) on the fish *H. malabaricus* as evaluated using the comet assay, piscine micronucleus and chromosome aberrations tests. *Genet Mol Biol* 27(1):103–107. doi:10.1590/S1415-47572004000100017
- Gomes LC, Chippari-Gomes AR, Lopes NP, Roubach R, Araújo-Lima CARM (2001) Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *J World Aquacult Soc* 32(4):426–431
- Heath R (1982) Hidrologia Básica de Água Subterrânea, Traduction of Geological Survey water-supply paper. United States Government Printing Office, Washington
- Heddle JA (1973) A rapid in vivo test for chromosome damage. *Mutat Res* 18:187–192. doi:10.1016/0027-5107(73)90035-3
- Hooftman RN, de Raat WK (1982) Induction of nuclear anomalies (micronuclei) in the peripheral blood erythrocytes of the eastern mud minnow *Umbra pygmaea* by ethyl methanesulphonate. *Mutat Res* 104:147–152. doi:10.1016/0165-7992(82)90136-1
- Hose JE, Cross JN, Smith SG, Diehl D (1987) Elevated circulating erythrocyte micronuclei in fishes from contaminated of southern California. *Mar Environ Res* 22:167–176. doi:10.1016/0141-1136(87)90034-1
- Kim IY, Hyun CK (2006) Comparative evaluation of the alkaline comet assay with the micronucleus test for genotoxicity monitoring using aquatic organisms. *Ecotoxicol Environ Saf* 64:288–297. doi:10.1016/j.ecoenv.2005.05.019
- Kolachana P, Subrahmanyam VV, Meyer KB, Zhang L, Smith MT (1993) Benzene and its phenolic metabolites produce oxidative DNA damage in HL60 cells in vitro and in the bone marrow in vivo. *Cancer Res* 53:1023–1026
- Lankoff A, Banasik A, Duma A, Ochniak E, Iisowska H, Kuszewski T, Gózdź S, Wojcik A (2006) A comet assay study reveals that aluminium induces DNA damage and inhibits the repair of radiation-induced lesions in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicol Lett* 161:27–36. doi:10.1016/j.toxlet.2005.07.012
- Lee RF, Steinert S (2003) Use of the single cell gel electrophoresis/comet assay for detecting DNA damage in aquatic (marine and freshwater) animals. *Mutat Res* 544:43–64
- Lee SW, Kim SM, Choi J (2009) Genotoxicity and ecotoxicity assays using the fresh water crustacean *Daphnia magna* and the larva of the aquatic midge *Chironomus riparius* to screen the ecological risks of nanoparticle exposure. *Environ Toxicol Pharmacol* 28:86–91. doi:10.1016/j.etap.2009.03.001
- Metcalfe CD (1989) Tests for predicting carcinogenicity in fish. *CRC Crit Rev Aquat Sci* 1:111–129
- Park SY, Choi J (2007) Cytotoxicity, genotoxicity and ecotoxicity assay using human cell and environmental species for the screening of the risk from pollutant exposure. *Environ Int* 33:817–822. doi:10.1016/j.envint.2007.03.014
- Plumlee GS, Ziegler TL (2007) The medical geochemistry of dusts, soils, and other earth materials in: environmental geochemistry. B. Sherwood Lollar, Toronto
- Ramsdorf WA, Guimarães FSF, Ferraro MVM, Gabardo J, Trindade ES, Cestari MM (2009) Establishment of experimental conditions for preserving samples of fish blood for analysis with both comet assay and flow cytometry. *Mutat Res* 673:78–81
- Schmid W (1975) The micronucleus test. *Mutat Res* 31:9–15
- Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL (1988) A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175(1):184–191
- SMMA (2006) Investigação e diagnóstico do passivo ambiental da vala séptica de Curitiba e definição de diretrizes para elaboração do plano de recuperação e monitoramento ambiental. Prefeitura Municipal de Curitiba: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, p 120
- Speit G, Hartmann A (1999) The comet assay (single cell gel test), a sensitive test for the detection of DNA damage and repair. In: Henderson DS (ed) *Methods in molecular biology: DNA repair protocols—eukaryotic systems*. Human, Totowa, pp 203–211
- Udroiu I (2006) The micronucleus test in piscine erythrocytes. *Aquat Toxicol* 79:201–204. doi:10.1016/j.aquatox.2006.06.013
- Van Der Oost R, Beyer J, Vermeulen NPE (2003) Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ Toxicol Pharmacol* 13:57–149. doi:10.1016/S1382-6689(02)00126-6
- White PA, Rasmussen JB (1998) The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. *Mutat Res* 410:223–236. doi:10.1016/S1383-5742(98)00002-7

ANEXO 6 - Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas de córrego e lagoa.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01
CX. P. 19.083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647
e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 118342

PRODUTO: ÁGUA DE RIO – VALA SÉPTICA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Secretaria Municipal do Meio Ambiente

ENDEREÇO: Avenida Manoel Ribas, 2.727 Santa Felicidade - Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº: 791 – 03/06/09

AMOSTRA: 2215/09

RESULTADOS

01/03

Descrição do produto: amostra coletada em 03/06/09 às 11:30 h pelo CEPPA e recebida refrigerada, acondicionada em 10 frascos plásticos opacos e 01 frasco de vidro âmbar fornecidos pelo mesmo.

Dados de coleta: Dia: 03/06/09 Horário: 11:30 h / Técnico: Luiz Carlos Farias de Lima / Clima: Tempo Bom/ Temperatura: 10°C ambiente e 8,3 °C amostra / Instrução de Coleta: IT-AE-004/R-02.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS/METAIS

| | |
|-------------------------|---------|
| Cálcio (mg/L) | 10,35 |
| Selênio (mg/L) | < 0,005 |
| Zinco (mg/L) | < 0,02 |
| Ferro Dissolvido (mg/L) | < 0,05 |
| Cobre Dissolvido (mg/L) | < 0,05 |
| Alumínio (mg/L) | 4,83 |
| Arsênico (mg/L) | < 0,005 |
| Cádmio (mg/L) | < 0,02 |
| Chumbo (mg/L) | < 0,10 |
| Cobre (mg/L) | < 0,05 |
| Cromo (mg/L) | < 0,05 |
| Estanho (mg/L) | < 1,50 |
| Ferro (mg/L) | 2,51 |
| Magnésio (mg/L) | 8,20 |
| Manganês (mg/L) | 1,10 |
| Prata (mg/L) | < 0,10 |
| Bário (mg/L) | < 0,25 |
| Mercurio (µg/L) | < 1,00 |
| Níquel (mg/L) | < 0,05 |

Cristina Mara Guio

CRF - 5891 PR

Coordenadora do Laboratório

Jackeline Taveira Cangussu

CRQ 09200768 – 9ª Região

Coordenadora do Laboratório

/s

Curitiba, 06 de Julho de 2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

| | |
|---|---------|
| Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L) (1) | 63,12 |
| Cor Verdadeira (Hz) (2) | 5,00 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) (3) | 16,88 |
| Demanda Química de Oxigênio (mg O ₂ /L) (4) | 56,71 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio Solúvel (mg O ₂ /L) (3) | 7,44 |
| Demanda Química de Oxigênio Solúvel (mg O ₂ /L) (4) | 24,87 |
| Dureza Total (mg CaCO ₃ /L) (5) | 74,00 |
| Fosfato (mg P/L) (6) | < 0,05 |
| Fósforo Total (mg P/L) (7) | |
| Nitrato (mg NO ₃ ⁻ -N/L) (8) | 0,31 |
| Nitrito (mg NO ₂ ⁻ -N/L) (9) | 0,01 |
| Nitrogênio Kjeldahl Total (mg NH ₃ -N/L) (10) | < 1,00 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg NH ₃ -N/L) (11) | < 1,00 |
| Nitrogênio Orgânico (mg/L) (10) | < 1,00 |
| Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L) (12) | 14,18 |
| Turbidez (NTU) (13) | 11,58 |
| Óleos e Graxas (mg/L) (14) | 9,20 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (16) | 88,00 |
| Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L) (17) | 42,00 |
| Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L) (17) | 46,00 |
| Sólidos Sedimentáveis (mg/L) (18) | 2,10 |
| Sólidos Suspensos Totais (mg/L) (19) | 47,00 |
| Sólidos Suspensos Fixos (mg/L) (17) | 22,00 |
| Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L) (17) | 25,00 |
| Sólidos Totais (mg/L) (20) | 171,00 |
| Sólidos Totais Fixos (mg/L) (17) | 71,00 |
| Sólidos Totais Voláteis (mg/L) (17) | 100,00 |
| Temperatura °C (21) | 8,3 |
| pH (22) | 7,55 |
| Cloreto (mg Cl ⁻ /L) (23) | 10,60 |
| Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L) (24) | 8,76 |
| Sulfeto (mg S ²⁻ /L) (25) | < 0,50 |
| Condutividade (µS/cm) (26) | 204,00 |
| Análises Terceirizadas: | |
| **Boro (mg/L) (15) | |
| *Cianeto (mg CN ⁻ /L) (27) | < 0,004 |
| *Fluoreto (mg/L) (27) | 0,17 |
| *Fenol (mg/L) (27) | 0,002 |
| VOC'S: | |
| *Clorofórmio (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Dicloroetano (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Tetracloroeto de Carbono (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Tricloroetano (mg/L) (27) | < 4,0 |

**N.D: Não detectado: (0,25 mg/L)

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
 • AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
 • É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

| | |
|--|-----------------------|
| Contagem de coliformes totais (NMP/100 mL) | 2,8 x 10 ³ |
| Contagem de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) | 6,0 x 10 ¹ |

REFERÊNCIAS METAIS:

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 1998.(Methods 3111D – 3114B – 3112B – 3111B)

REFERÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS:

- 1 TITRATION Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-27-29 (Method 2320 B).
- 2 VISUAL Comparison method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-2-3 (Method 2120 B).
- 3 5-DAY BOD Test. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5-2-7 (Method 5210 B).
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12614: águas – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – (método de incubação 20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992. 5 p.
- 4 OPEN Reflux method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5-15-16. (Method 5220 B).
- 5 EDTA Titrimetric method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-37-39 (Method 2340 C).
- 6 STANNOUS CHLORIDE method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-152-153 (Method 4500-P D).
- 7 INTRODUCTION and SAMPLE Preparation. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-146-151 (Method 4500-P A e B).
- STANNOUS CHLORIDE method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-152-153 (Method 4500-P D).
- 8 CADMIUM Reduction Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-123-125 (Method 4500-NO₃ E).
- 13 COLORIMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-118-119 (Method 4500-NO₂ B).
- 10 MACRO-KJELDAHL method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p.4-130-132 (Method 4500-N_{org} A e B).
- 11 INTRODUCTION and PRELIMINARY Distillation Step. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-108-110 (Method 4500-NH₃ A e B).
- TITRIMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-110-111 (Method 4500-NH₃ C).
- 12 TURBIDIMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-188, 189 (Method 4500-SO₄²⁻ E).
- 13 NEPHELOMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-9-11 (Method 2130 B).
- 14 SOXHLET Extraction method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5-40 - (Method 5520 D).
- 15 espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial (CP OES), conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, 2005, método 3120.
- 16 TOTAL Dissolved Solids Dried at 180°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-57 (Method 2540 C).
- 17 FIXED and Volatile Solids Ignited at 550°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-59 (Method 2540 E).
- 18 SETTLEABLE Solids. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater, 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-59,60 (Method 2540 F).
- 19 TOTAL Suspended Solids Dried at 103-105°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-58. (Method 2540 D).
- 20 TOTAL Solids Dried at 103-105°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-56 (Method 2540 B).
- 21 LABORATORY and Fields Methods. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-61,62 (Method 2550 B).
- 22 ELECTROMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-90-94 (Method 4500-H⁺ B).
- 23 ARGENTOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-70-71 (Method 4500-CI- B).
- 24 AZIDE Modification method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-138 - 140 (Method 4500-O C).
- 25 IODOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-176 (Method 4500-S²⁻ F).
- 26 LABORATORY method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-47-48 (Method 2510 B).
- 27 APHA; AWWA; WEF. STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed.2005. US. Environmental Protection Agency –USEPA.

REFERÊNCIA MICROBIOLÓGICA:

ENZYME substrate coliform test: method 9223: part 9000. In: APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20.ed. Washington, 1998. p. 9-68.


DADOS DOS ENSAIOS:

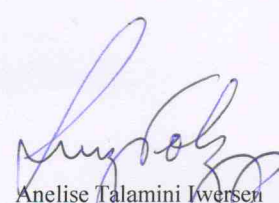
Metais: Início: 22/06/09 Término: 26/06/09 Responsáveis: Silvana Ribaski e Louize Caetano
Físico – Químicos: Início: 03/06/09 Término: 30/06/09 Responsáveis: Maria Judite Dzuman e Silvana Alves de Andrades
Microbiológicos: Início: 03/06/09 Término: 08/06/09
 *Certificado de análise n°: FQ 315/09
 **Certificado de análise n°: 09005883.

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS:

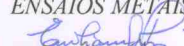
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS / FÍSICO-QUÍMICOS:

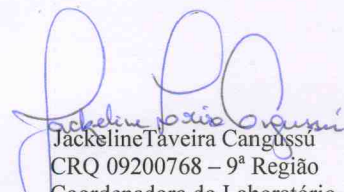
Miriam Reikdal Medeiros
 Gerente Técnica
 CRQ 09200830 – 9ª região


 Cristina Mara Guolo
 CRF - 5891 PR
 Coordenadora do Laboratório


 Anelise Talamini Iwersen
 Gerente Técnica
 CRBio 25222-07D

ENSAIOS METAIS:


 Emiliania Borges
 Gerente Técnica
 CRQ 09100126


 Jackeline Taveira Cangussu
 CRQ 09200768 – 9ª Região
 Coordenadora do Laboratório

/s

Curitiba, 06 de Julho de 2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
 • AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
 • É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 118212

PRODUTO: ÁGUA DE RIO – VALA SÉPTICA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

ENDEREÇO: Rua Manoel Ribas, 2.727 Santa Felicidade - Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº: 791 - 03/06/09

AMOSTRA: 2215/09

RESULTADOS

01/01

| ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS | | | |
|--|---|--------------------|---|
| Tipo de Análise | Metodologia | Limite de Detecção | Resultado |
| T003. Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | Bioensaio segundo ABNT NBR 15411-3:2006 | 1 FT _B | FT _B = 2 CE ₂₀ = 63,08% CE ₅₀ = n.a. |

Características da amostra: pH da amostra: 7,4
Transparente, incolor.

Observações:

FT_B = Fator de Toxicidade para *Vibrio fischeri*: menor diluição da amostra em que não se observa efeito significativo de inibição de luminescência do organismo indicador (equivalente ao Fator de Diluição FD_{BI} definido na Portaria nº 017/02 - FATMA de 18/04/2002).

CE₂₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 20 % da luminescência do organismo indicador.

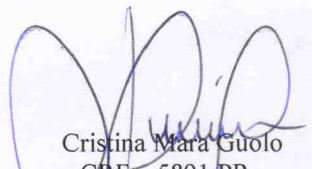
CE₅₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 50 % da luminescência do organismo indicador.

n.a. = não aplicável; a amostra pura (concentração efetiva = 100%) apresentou inibição de luminescência inferior a 20% (CE₂₀ = n.a.) ou 50% (CE₅₀ = n.a.).

Resultados conforme Número de Registro: 12096


Michele Maite Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-03P

Curitiba, 30 de Junho de 2009


Cristina Mara Guolo
CRF - 5891/PR
Coordenadora do Laboratório

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.

• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.

• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA

CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 366-3668 / 361-3195 - FAX: (41) 266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 6267

SÉRIE AG

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA
DA AMOSTRA ÁGUA DE RIO – VALA SÉPTICA PARA
O ORGANISMO TESTE**

Daphnia magna, Straus, 1820 (Cladocera, Crustácea)

SOLICITANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE.

AVENIDA MANOEL RIBAS, 2727. SANTA FELICIDADE.

CURITIBA/PR.

Data da solicitação: 03/06/09

CURITIBA

2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 – PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE | 9 |
| QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS e pH..... | 10 |

[Handwritten signatures]

DEFINIÇÕES

Agente Tóxico – Substância ou outros materiais tais como formulações, efluentes líquidos ou águas continentais que podem causar efeitos deletérios quando em contato com os organismos-teste.

Água de diluição – Água utilizada para a manutenção de culturas e para a realização dos testes com *Daphnia magna*.

CE (D)₅₀: 48 h - Concentração efetiva inicial média, nominal do agente tóxico no início do teste que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% dos organismos em 48 horas de exposição, nas condições do teste.

FTd – Fator de toxicidade de *Daphnia magna*.

FTd = 1 - Significa que a amostra pura e diluída não apresenta efeito tóxico (significativo) sobre o bioindicador.

Organismo-teste - Organismos cujas alterações no crescimento, sobrevivência, morfologia e/ou fisiologia, eventualmente decorrentes de exposição de substâncias teste, que serão testados em ensaios biológicos e/ou toxicológicos.

Substância-teste - Substância testada quanto ao possível efeito em um organismo teste, podendo tanto ser um produto técnico quanto uma formulação ou água residual.

Solução-estoque - Qualquer solução de meio ou substância-teste em concentrações superiores àquelas usadas no teste.

Solução-teste - Solução da substância-teste nas concentrações testadas.



RESUMO

Testou-se a Amostra Água de Rio – Vala Séptica da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, quanto a sua toxicidade aguda para o microcrustáceo *Daphnia magna* através de bioensaio de sistema estático em laboratório. Utilizou-se métodos descritos nos manuais do IBAMA, CETESB e USEPA. O estudo ocorreu em apenas 1 (uma) fase: **preliminar**, com uma série de concentrações, variando de 3,125% a 100% (que são os Fatores de Diluição para *Daphnia* – **FDd**) da substância-teste (amostra). A concentração efetiva inicial - CE(I)₅₀: 48 h não foi obtida. Não foi observada a concentração **mínima** que provoca 100% de imobilidade. A **maior** concentração testada (100%) não provocou imobilidade dos organismos, efetuando um resultado FTd = 1.



1 INTRODUÇÃO

Realizou-se o bioensaio toxicológico no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), através de solicitação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em 03/06/09.

O objetivo deste foi avaliar a toxicidade aguda da amostra Água de Rio – Vala Séptica em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*.

O estudo foi conduzido entre 03/06/09 a 26/06/09 determinando as concentrações do teste, segundo os procedimentos descritos no Manual do IBAMA, USEPA e CETESB.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA-TESTE/AMOSTRA

A amostra foi coletada pelo cliente, em 03/06/09 às 17:00.

2.1.1 Protocolo de recepção nº: 791.

2.1.2 Número da amostra: 2215.

2.1.3 Amostra: Água de Rio – Vala Séptica.

2.1.4 Estado físico, aspecto e cor: Amostra transparente e incolor.

2.1.5 Condições de armazenamento e estocagem: Frasco plástico opaco, contendo aproximadamente 1 Litro, estocado a 4° C.

2.2 MATERIAL

2.2.1 Aparelhos, vidrarias e equipamentos

- Autoclave Phoenix;
- Balança Analítica Marte A 200;
- Condicionadores de ar Consul e Springer;
- Destilador da água Biomatic;
- Estufa Fanen 315 SE ;
- Condutivímetro CD 20;
- Oxímetro DM4;
- pHmetro DM-20;
- Refrigerador Climax;
- Termômetros;
- Incubadora biológica;
- Pipeta graduada de 1,0 - 2,0 - 5,0 e 10,0 mL;
- Pipeta volumétrica de 1,0 - 5,0 ,10,0 e 50,0 mL;
- Micropipeta de 0,1 mL,



- Balão volumétrico de 100,0 e 1000,0 mL;
- Béquer de vidro de 20,0 - 200,0 e 1000,0 mL;

2.2.2 Reagentes

Dicromato de Potássio (Reagen);
Indicador buffer tablets MERCK (dureza);
Soluções padrões para pH (4,00 e 7,00 Digimed);
Solução padrão de Condutividade 1,412 uS/cm à 25 °C (Digimed).
Soluções-estoque para o Meio de Cultura M4:
Meio Básico (CaCl₂, MgSO₄, KCl, NaHCO₃);
Solução Catiônica (MnCl₂.4H₂O, LiCl, RbCl, SrCl₂.2H₂O, ZnCl₂, CoCl₂.6H₂O);
Solução Aniônica (NaNO₃, H₃BO₃, NaBr, Na₂MoO₄.2H₂O, KI, NaSeO₃, NH₄VO₃);
Solução de Silicato (Na₂SiO₃);
Solução de Fe/EDTA (Na₂EDTA.2H₂O, FeSO₄.7H₂O);
Solução de Fosfato (KH₂PO₄);
Solução de Vitaminas (tiamina, cianocobalamina e biotina).

2.2.3 Organismo-teste

Utilizou-se neste bioensaio a espécie de microcrustáceo Cladóceros *Daphnia magna*. Microcrustáceo planctônico, de 5 mm a 6 mm de comprimento, que atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática e se alimenta por filtração de material orgânico particulado em suspensão.

2.3 MÉTODOS

A manipulação das vidrarias utilizadas no preparo das soluções-estoque, manutenção das culturas e execução dos bioensaios seguem as normas apresentadas conforme a ABNT e CETESB.

2.3.1 Condições do cultivo

Os organismos utilizados no teste de toxicidade aguda foram obtidos de culturas laboratoriais mantidas no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos.

As fêmeas foram acondicionadas em béquer de vidro contendo 800 mL de meio de cultura. Cada béquer continha aproximadamente de 15 a 20 fêmeas com idade entre 10 e 18 dias, sendo mantido em câmara fechada, com fotoperíodo por 16 horas de exposição a luz e 8 horas de exposição ao escuro. Diariamente as culturas foram limpas e alimentadas com microalgas *Scenedesmus subspicatus*.



2.3.2 Dados biológicos

Utilizou-se água destilada, para preparar a água de diluição com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 0,06 uS/cm
Dureza: 6,65 mg/L de CaCO₃
pH: 7,70

Utilizou-se também 20 litros do meio aerado para a manutenção das fêmeas e diluição das soluções-teste com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 544 uS/cm
Dureza: 207 mg/L de CaCO₃
pH: 7,24

2.3.3 Obtenção dos organismos-teste

Os organismos-teste foram obtidos entre 6 e 24 horas de idade, separados dos adultos e alimentados com microalgas.

2.3.4 Condições do teste

Os organismos e as soluções foram aclimatados ao ambiente de teste por cerca de 1 hora. Os testes foram realizados no interior de uma incubadora biológica com temperatura controlada de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$, no escuro e sem suprimento de alimentação. Os ensaios de pH foram registrados no início e no final de cada experimento. O teste foi realizado com 2 (duas) réplicas e os resultados obtidos em 24 e 48 horas de bioensaio.

2.3.5 Preparo das soluções-teste

Colocou-se 50 mL da amostra em um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água de diluição, homogeneizando bem, obtendo-se uma diluição com fator de 1:2. Em seguida retirou-se 50 mL com pipeta volumétrica dessa solução e foram distribuídos em volumes aproximadamente iguais em recipientes de teste (± 25 mL em cada béquer). Os 50 ml restantes no balão foram completados com água de diluição para 100 mL e homogeneizados, resultando numa diluição de fator 1:4. Procedeu-se dessa maneira até a última diluição desejada.



QUADRO 1 - PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTES

| Amostra | Fator de Diluição (FD) | Amostra (mL) | Água de Diluição (mL) | Volume final (mL) | Concentração da solução-teste (%) |
|------------------------|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Controle/ Diluições | - | - | 50 | 50 | - |
| 1:1 | 1 | 50 | 0 | 50 | 100 |
| 1:2 | 2 | 25 | 25 | 50 | 50 |
| 1:4 | 4 | 12,5 | 37,5 | 50 | 25 |
| 1:8 | 8 | 6,25 | 43,75 | 50 | 12,5 |
| 1:16 | 16 | 3,125 | 46,875 | 50 | 6,25 |
| 1:32 | 32 | 1,562 | 48,437 | 50 | 3,125 |

2.3.6 Cálculo dos resultados

O parâmetro da Concentração Efetiva - CE (I_{50}): 48 horas e os intervalos de confiança foram obtidos, porém, o cálculo é realizado através do método da regressão linear, sendo utilizado para este propósito o programa Spearman-Kärber.

2.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

O Teste de Viabilidade da água: deve apresentar zero % de imobilidade em 48 horas, realizado com 5 réplicas, estando os organismos mantidos sem alimentação nas condições do cultivo.

O Teste de Sensibilidade com Dicromato de potássio: deve apresentar um resultado de no máximo 0,26 mg/L.

3 RESULTADOS

Os resultados do teste encontram-se no Quadro abaixo

QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS E pH

| Solução-teste (%) | Amostra | Nº de Imóveis Por réplica | | Nº de Organismos Por concentração | | % imóveis | PH Final |
|-------------------|---------|---------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------|----------|
| | | ----- | ----- | Imóveis | Total | | |
| Controle | - | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,66 |
| 100 | 1:1 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |
| 50 | 1:2 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |
| 25 | 1:4 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |
| 12,5 | 1:8 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |
| 6,25 | 1:16 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |
| 3,125 | 1:32 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,45 |

Resultado obtido durante o ensaio: FTd =1 (FTd = Fator de Toxicidade para *Daphnia magna*).

Os resultados indicaram que a CE (I)₅₀:48 horas deve estar situada acima da maior concentração testada (100%).

Registrou-se os resultados de pH no início e ao final do ensaio (Quadro 2).

O Teste de Sensibilidade com o Dicromato de Potássio realizado nos dias 09/06/09 e 10/06/09 apresentou um resultado de CE(I)₅₀:24h = 0,12 mg/L

3.1 CÁLCULO ESTATÍSTICO

- A CE(I)₅₀:48 horas = **Não obtida, situa-se acima da maior concentração testada (100%)**.

- A concentração que provoca imobilidade total situa-se acima da maior concentração testada (100%), e a concentração máxima testada que não provoca imobilidade foi de **100%**.

3.2 CONCLUSÃO

Concluí-se que a amostra Água de Rio – Vala Séptica não foi considerada tóxica para a espécie de microcrustáceo *Daphnia magna*, por ter apresentado taxa de imobilidade inferior a 10% na maior concentração testada da amostra (100%).

3.3 DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE ANALÍTICA

Declaramos para os devidos fins que o estudo de avaliação da toxicidade aguda em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna* para a Amostra Água de Rio – Vala Séptica foi requerido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Este documento contém informações estritamente confidenciais, bem como o relatório final aqui apresentado.

O relatório final apresenta um registro preciso e verdadeiro dos resultados obtidos, estando os dados brutos gerados do estudo à disposição da Empresa contratante, arquivados no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos/CEPPA, situado no Centro Politécnico, Curitiba/PR.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

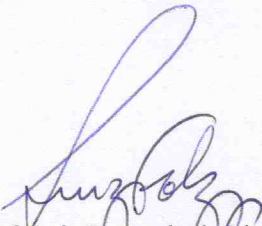
- 1 ABNT. Associação Brasileira e Normas Técnicas. **NBR 12713**: ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004. 21 p.
- 2 CETESB. **Análise estatística de resultados de testes de toxicidade aguda**. Norma complementar L5.017. São Paulo, 1987. 29 p.
- 3 CETESB. **Lavagem de materiais utilizados em ensaios biológicos**. São Paulo, 1986. p. 1-14 (Procedimento Operacional Padronizado, nº 008).
- 4 ELENDET, B.P. Trace nutrient deficiency in *Daphnia magna* culture in standart medium for toxicity testing. Effects of the optimization of culture conditions on life history parameters of *Daphnia magna*. **Wat. Res.**, v. 24, n. 9, p. 11576-67, 1990.
- 5 HAMILTON, M. A. et al. Trimmed spearman-karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environ. Sci. Technol.**, v. 12, n. 4, p. 417, 1978.
- 6 OECD. Guidelines for testing of chemicals. **Effects on biotic systems., *Daphnia* sp., 24h EC50 Acute Immobilization test**. [S.l.], 1983. Section 2-202, Part I.
- 7 TESTVERFAHREN mit Wasserorganismen. DIN 38412 (teil 30). [S.l.], 1989. (Gruppe L), 2-9.
- 8 TESTE com Daphnias inibição da capacidade natatória de *Daphnia magna*. In: KNIE, J.L.W.; LOPES, E, W.B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004. p. 109 – 142.
- 9 USEPA. **Methods for mensuring the acute of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 4.ed. Washington, D.C. : Office of Research and Development, 1991. (EPA/600/4-90/027).



Submetido ao CEPPA - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
Centro Politécnico - Prédio das Usinas Piloto - Bloco B - Sala PP01.
Curitiba - Paraná
Convênio FUNPAR/CEPPA

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS:

RESPONSÁVEL PELA ENTIDADE



Prof. Luiz Fernando de Lima Junior
Chefe do CEPPA
Matrícula UFPR 109185

Professor Dr. LUIZ FERNANDO DE LIMA LUZ JUNIOR

RESPONSÁVEL PELO ESTUDO



Michele Maitê Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-03P

Bióloga MICHELE MAITÊ FLORES

COORDENADORA DO LABORATÓRIO



Cristina Mara Guolo
CRF - 5891 PR
Coordenadora do Laboratório

Farmacêutica CRISTINA MARA GUOLO

Início do estudo: 03/06/09

Término do estudo: 26/06/09

Elaboração do Certificado de Análise: 30/06/09



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 118320

PRODUTO: ÁGUA DE LAGOA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Secretaria Municipal do Meio Ambiente

ENDEREÇO: Avenida Manoel Ribas, 2.727 Santa Felicidade - Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº 791 - 03/06/09

AMOSTRA: 2214/09

RESULTADOS

01/03

Descrição do produto: amostra coletada em 03/06/09 às 10:00 h pelo CEPPA e recebida refrigerada, acondicionada em 10 frascos plásticos opacos e 01 frasco de vidro âmbar fornecidos pelo mesmo.

Dados de coleta: Dia: 03/06/09 Horário: 10:00 h / Técnico: Luiz Carlos Farias de Lima / Clima: Tempo Bom/ Temperatura: 10°C ambiente e 7,1°C amostra / Instrução de Coleta: IT-AE-004/R-02.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS/METAIS

| | |
|-------------------------|---------|
| Cálcio (mg/L) | 28,91 |
| Selênio (mg/L) | < 0,005 |
| Zinco (mg/L) | 0,12 |
| Ferro Dissolvido (mg/L) | < 0,05 |
| Cobre Dissolvido (mg/L) | < 0,05 |
| Alumínio (mg/L) | 4,77 |
| Arsênico (mg/L) | < 0,005 |
| Cádmio (mg/L) | < 0,02 |
| Chumbo (mg/L) | < 0,10 |
| Cobre (mg/L) | < 0,05 |
| Cromo (mg/L) | < 0,05 |
| Estanho (mg/L) | < 1,50 |
| Ferro (mg/L) | 2,80 |
| Magnésio (mg/L) | 10,65 |
| Manganês (mg/L) | 0,63 |
| Prata (mg/L) | < 0,10 |
| Bário (mg/L) | 0,53 |
| Mercurio (µg/L) | < 1,00 |
| Níquel (mg/L) | < 0,05 |

Cristina Mara Guoto

CRF - 5891 PR

Coordenadora do Laboratório

/s

Jackeline Taveira Cangussú

CRQ 09200768 - 9ª Região

Coordenadora do Laboratório

Curitiba, 06 de Julho de 2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.

• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.

• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

| | |
|---|---------|
| Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L) (1) | 117,29 |
| Cor Verdadeira (Hz) (2) | 10,00 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) (3) | 17,98 |
| Demanda Química de Oxigênio (mg O ₂ /L) (4) | 38,80 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio Solúvel (mg O ₂ /L) (3) | 10,25 |
| Demanda Química de Oxigênio Solúvel (mg O ₂ /L) (4) | 28,85 |
| Dureza Total (mg CaCO ₃ /L) (5) | 140,00 |
| Fosfato (mg P/L) (6) | < 0,05 |
| Fósforo Total (mg P/L) (7) | < 0,05 |
| Nitrato (mg NO ₃ ⁻ -N/L) (8) | < 0,05 |
| Nitrito (mg NO ₂ ⁻ -N/L) (9) | 0,02 |
| Nitrogênio Kjeldahl Total (mg NH ₃ -N/L) (10) | 2,92 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg NH ₃ -N/L) (11) | 1,53 |
| Nitrogênio Orgânico (mg/L) (10) | 1,41 |
| Sulfato (mg SO ₄ ⁻² /L) (12) | 14,76 |
| Turbidez (NTU) (13) | 54,55 |
| Óleos e Graxas (mg/L) (14) | 10,30 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (16) | 200,00 |
| Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L) (17) | 117,00 |
| Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L) (17) | 86,00 |
| Sólidos Sedimentáveis (mg/L) (18) | 1,00 |
| Sólidos Suspensos Totais (mg/L) (19) | 180,00 |
| Sólidos Suspensos Fixos (mg/L) (17) | 95,00 |
| Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L) (17) | 85,00 |
| Sólidos Totais (mg/L) (20) | 386,00 |
| Sólidos Totais Fixos (mg/L) (17) | 271,00 |
| Sólidos Totais Voláteis (mg/L) (17) | 119,00 |
| Temperatura °C (21) | 7,1 |
| pH (22) | 7,66 |
| Cloreto (mg Cl/L) (23) | 8,08 |
| Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L) (24) | 8,56 |
| Sulfeto (mg S ⁻² /L) (25) | 0,80 |
| Condutividade (µS/cm) (26) | 304,00 |
| Análises Tercerizadas: | |
| **Boro (mg/L) (15) | N.D |
| *Cianeto (mg CN ⁻ /L) (27) | < 0,004 |
| *Fluoreto (mg/L) (27) | 0,34 |
| *Fenol (mg/L) (27) | 0,006 |
| VOC'S: | |
| *Clorofórmio (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Dicloroetano (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Tetracloroeto de Carbono (mg/L) (27) | < 2,0 |
| *Tricloroetano (mg/L) (27) | < 4,0 |

**N.D: Não detectado: (0,25 mg/L)

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
 • AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
 • É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

July

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

| | |
|--|-----------------------|
| Contagem de coliformes totais (NMP/100 mL) | 2,4 x 10 ³ |
| Contagem de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) | 2,8 x 10 ¹ |

REFERÊNCIAS METAIS:

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 1998. (Methods 3111D – 3114B – 3112B – 3111B)

REFERÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS:

- 1 TITRATION Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-27-29 (Method 2320 B).
- 2 VISUAL Comparison method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-2-3 (Method 2120 B).
- 3 5-DAY BOD Test. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5:2-7 (Method 5210 B).
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12614: águas – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – (método de incubação 20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992. 5 p.
- 4 OPEN Reflux method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5:15-16. (Method 5220 B).
- 5 EDTA Titrimetric method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2:37-39 (Method 2340 C).
- 6 STANNOUS CHLORIDE method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:152-153 (Method 4500-P D).
- 7 INTRODUCTION and SAMPLE Preparation. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:146-151 (Method 4500-P A e B).
- 8 STANNOUS CHLORIDE method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:152-153 (Method 4500-P D).
- 8 CADMIUM Reduction Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-123-125 (Method 4500-NO₃; E).
- 9 COLORIMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:118-119 (Method 4500-NO₂; B).
- 10 MACRO-KJELDAHL method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:130-132 (Method 4500-N_{org} A e B).
- 11 INTRODUCTION and PRELIMINARY Distillation Step. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-108-110 (Method 4500-NH₃ A e B).
- TITRIMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-110-111 (Method 4500-NH₃; C).
- 12 TURBIDIMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-188, 189 (Method 4500-SO₄²⁻ E).
- 13 NEPHELOMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2:9-11 (Method 2130 B).
- 14 SOXHLET Extraction method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 5:40 - (Method 5520 D).
- 15 espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial (CP OES), conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, 2005, método 3120.
- 16 TOTAL Dissolved Solids Dried at 180°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-57 (Method 2540 C).
- 17 FIXED and Volatile Solids Ignited at 550°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-59 (Method 2540 E).
- 18 SETTLEABLE Solids. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater, 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-59,60 (Method 2540 F).
- 19 TOTAL Suspended Solids Dried at 103-105°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-58. (Method 2540 D).
- 20 TOTAL Solids Dried at 103-105°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-56 (Method 2540 B).
- 21 LABORATORY and Fields Methods. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2-61,62 (Method 2550 B).
- 22 ELECTROMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:90-94 (Method 4500-H⁺ B).
- 23 ARGENTOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:70-71 (Method 4500-Cl- B).
- 24 AZIDE Modification method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4:138 - 140 (Method 4500-O C).
- 25 IODOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 4-176 (Method 4500-S²⁻ F).
- 26 LABORATORY method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 2005. p. 2:47-48 (Method 2510 B).
- 27 APHA; AWWA; WEF, STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. 2005. US. Environmental Protection Agency –USEPA.

REFERÊNCIA MICROBIOLÓGICA:

ENZYM substrate coliform test: method 9223: part 9000. In: APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington, 1998. p. 9-68.

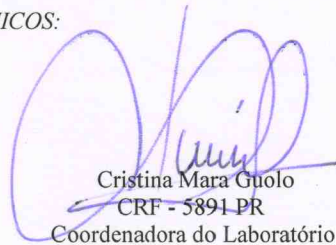
DADOS DOS ENSAIOS:

Metais: Início: 22/06/09 Término: 26/06/09 Responsáveis: Silvana Ribaski e Louize Caetano
Físico – Químicos: Início: 03/06/09 Término: 30/06/09 Responsáveis: Maria Judite Dzman e Silvana Alves de Andrades
Microbiológicos: Início: 04/06/09 Término: 08/06/09
 *Certificado de análise nº: FQ 3114/09.
 **Certificado de análise nº: 09005883.

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS:

ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS / FÍSICO-QUÍMICOS:

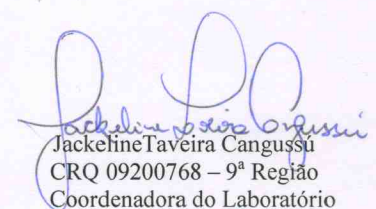
Mirian Reikdal Medeiros
 Gerente Técnica
 CRQ 09200830 – 9ª região


 Cristina Mara Guolo
 CRF - 5891 PR
 Coordenadora do Laboratório


 Anelise Talamini Iwersen
 Gerente Técnica
 CRBio 25222-07D

ENSAIOS-METAIS:


 Emiliania Borges
 Gerente Técnica
 CRQ 09100126


 Jackeline Taveira Cangussu
 CRQ 09200768 – 9ª Região
 Coordenadora do Laboratório

/s

Curitiba, 06 de Julho de 2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA
 • AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
 • É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 118211

PRODUTO: ÁGUA DE LAGOA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

ENDEREÇO: Rua Manoel Ribas, 2.727 Santa Felicidade - Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº: 791 - 03/06/09

AMOSTRA: 2214/09

RESULTADOS

01/01

ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS

| Tipo de Análise | Metodologia | Limite de Detecção | Resultado |
|--|---|--------------------|---|
| T003. Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | Bioensaio segundo ABNT NBR 15411-3:2006 | 1 FT _B | FT _B = 4 CE ₂₀ = 32,42% CE ₅₀ = n.a. |

Características da amostra: pH da amostra: 7,25
Transparente, incolor.

Observações:

FT_B = Fator de Toxicidade para *Vibrio fischeri*: menor diluição da amostra em que não se observa efeito significativo de inibição de luminescência do organismo indicador (equivalente ao Fator de Diluição FD_{BI} definido na Portaria nº 017/02 - FATMA de 18/04/2002).

CE₂₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 20 % da luminescência do organismo indicador.

CE₅₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 50 % da luminescência do organismo indicador.

n.a. = não aplicável; a amostra pura (concentração efetiva = 100%) apresentou inibição de luminescência inferior a 20% (CE₂₀ = n.a.) ou 50% (CE₅₀ = n.a.).

Resultados conforme Número de Registro: 12095

Michele Maitê Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-03P

Curitiba, 30 de Junho de 2009

Cristina Mara Guolo
CRF - 5891 PR
Coordenadora do Laboratório



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA

CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 366-3668 / 361-3195 - FAX: (41) 266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 6266

SÉRIE AG

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA
DA AMOSTRA ÁGUA DE LAGOA PARA O
ORGANISMO TESTE**

Daphnia magna, Straus, 1820 (Cladocera, Crustácea)

SOLICITANTE: SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE.

AVENIDA MANOEL RIBAS, 2727. SANTA FELICIDADE.

CURITIBA/PR.

Data da solicitação: 03/06/09

CURITIBA

2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA.
• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE.
• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO, DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| | LISTA DE QUADROS..... | 3 |
| | DEFINIÇÕES..... | 4 |
| | RESUMO..... | 5 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 | MATERIAL MÉTODOS..... | 6 |
| 2.1 | IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA-TESTE/AMOSTRA..... | 6 |
| 2.2 | MATERIAL..... | 6 |
| 2.3 | MÉTODOS..... | 7 |
| 2.4 | VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS..... | 9 |
| 3 | RESULTADOS..... | 10 |
| 3.1 | CÁLCULO ESTATÍSTICO..... | 10 |
| 3.2 | CONCLUSÃO..... | 11 |

[Handwritten signature]
[Handwritten signature]

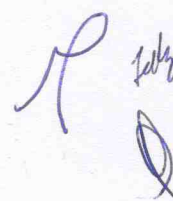
LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 – PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE | 9 |
| QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS e pH..... | 10 |



RESUMO

Testou-se a Amostra Água de Lagoa da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, quanto a sua toxicidade aguda para o microcrustáceo *Daphnia magna* através de bioensaio de sistema estático em laboratório. Utilizou-se métodos descritos nos manuais do IBAMA, CETESB e USEPA. O estudo ocorreu em apenas 1 (uma) fase: **preliminar**, com uma série de concentrações, variando de 3,125% a 100% (que são os Fatores de Diluição para *Daphnia* – **FDD**) da substância-teste (amostra). A concentração efetiva inicial - CE(I)₅₀: 48 h não foi obtida. Não foi observada a concentração **mínima** que provoca 100% de imobilidade. A **maior** concentração testada (100%) não provocou imobilidade dos organismos, efetuando um resultado FTd = 1.



1 INTRODUÇÃO

Realizou-se o bioensaio toxicológico no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), através de solicitação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em 03/06/09.

O objetivo deste foi avaliar a toxicidade aguda da amostra Água de Lagoa em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*.

O estudo foi conduzido entre 03/06/09 a 26/06/09 determinando as concentrações do teste, segundo os procedimentos descritos no Manual do IBAMA, USEPA e CETESB.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA-TESTE/AMOSTRA

A amostra foi coletada pelo cliente, em 03/06/09 às 16:45.

2.1.1 Protocolo de recepção n°: 791.

2.1.2 Número da amostra: 2214.

2.1.3 Amostra: Água de Lagoa.

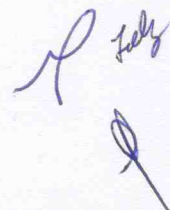
2.1.4 Estado físico, aspecto e cor: Amostra transparente e incolor.

2.1.5 Condições de armazenamento e estocagem: Frasco plástico opaco, contendo aproximadamente 1 Litro, estocado a 4° C.

2.2 MATERIAL

2.2.1 Aparelhos, vidrarias e equipamentos

- Autoclave Phoenix;
- Balança Analítica Marte A 200;
- Condicionadores de ar Consul e Springer;
- Destilador da água Biomatic;
- Estufa Fanen 315 SE ;
- Condutivímetro CD 20;
- Oxímetro DM4;
- pHmetro DM-20;
- Refrigerador Climax;
- Termômetros;
- Incubadora biológica;
- Pipeta graduada de 1,0 - 2,0 - 5,0 e 10,0 mL;
- Pipeta volumétrica de 1,0 - 5,0 ,10,0 e 50,0 mL;
- Micropipeta de 0,1 mL,
- Balão volumétrico de 100,0 e 1000,0 mL;



- Béquer de vidro de 20,0 - 200,0 e 1000,0 mL;

2.2.2 Reagentes

Dicromato de Potássio (Reagen);

Indicador buffer tablets MERCK (dureza);

Soluções padrões para pH (4,00 e 7,00 Digimed);

Solução padrão de Condutividade 1,412 uS/cm à 25 °C (Digimed).

Soluções-estoque para o Meio de Cultura M4:

Meio Básico (CaCl₂, MgSO₄, KCl, NaHCO₃);

Solução Catiônica (MnCl₂.4H₂O, LiCl, RbCl, SrCl₂.2H₂O, ZnCl₂, CoCl₂.6H₂O);

Solução Aniônica (NaNO₃, H₃BO₃, NaBr, Na₂MoO₄.2H₂O, KI, NaSeO₃, NH₄VO₃);

Solução de Silicato (Na₂SiO₃);

Solução de Fe/EDTA (Na₂EDTA.2H₂O, FeSO₄.7H₂O);

Solução de Fosfato (KH₂PO₄);

Solução de Vitaminas (tiamina, cianocobalamina e biotina).

2.2.3 Organismo-teste

Utilizou-se neste bioensaio a espécie de microcrustáceo Cladóceros *Daphnia magna*. Microcrustáceo planctônico, de 5 mm a 6 mm de comprimento, que atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática e se alimenta por filtração de material orgânico particulado em suspensão.

2.3 MÉTODOS

A manipulação das vidrarias utilizadas no preparo das soluções-estoque, manutenção das culturas e execução dos bioensaios seguem as normas apresentadas conforme a ABNT e CETESB.

2.3.1 Condições do cultivo

Os organismos utilizados no teste de toxicidade aguda foram obtidos de culturas laboratoriais mantidas no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos.

As fêmeas foram acondicionadas em béquer de vidro contendo 800 mL de meio de cultura. Cada béquer continha aproximadamente de 15 a 20 fêmeas com idade entre 10 e 18 dias, sendo mantido em câmara fechada, com fotoperíodo por 16 horas de exposição a luz e 8 horas de exposição ao escuro. Diariamente as culturas foram limpas e alimentadas com microalgas *Scenedesmus subspicatus*.

2.3.2 Dados biológicos

Utilizou-se água destilada, para preparar a água de diluição com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 0,06 uS/cm
Dureza: 6,65 mg/L de CaCO₃
pH: 7,70

Utilizou-se também 20 litros do meio aerado para a manutenção das fêmeas e diluição das soluções-teste com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 544 uS/cm
Dureza: 207 mg/L de CaCO₃
pH: 7,24

2.3.3 Obtenção dos organismos-teste

Os organismos-teste foram obtidos entre 6 e 24 horas de idade, separados dos adultos e alimentados com microalgas.

2.3.4 Condições do teste

Os organismos e as soluções foram aclimatados ao ambiente de teste por cerca de 1 hora. Os testes foram realizados no interior de uma incubadora biológica com temperatura controlada de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$, no escuro e sem suprimento de alimentação. Os ensaios de pH foram registrados no início e no final de cada experimento. O teste foi realizado com 2 (duas) réplicas e os resultados obtidos em 24 e 48 horas de bioensaio.

2.3.5 Preparo das soluções-teste

Colocou-se 50 mL da amostra em um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água de diluição, homogeneizando bem, obtendo-se uma diluição com fator de 1:2. Em seguida retirou-se 50 mL com pipeta volumétrica dessa solução e foram distribuídos em volumes aproximadamente iguais em recipientes de teste (± 25 mL em cada béquer). Os 50 ml restantes no balão foram completados com água de diluição para 100 mL e homogeneizados, resultando numa diluição de fator 1:4. Procedeu-se dessa maneira até a última diluição desejada.



QUADRO 1 - PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTES

| Amostra | Fator de Diluição (FD) | Amostra (mL) | Água de Diluição (mL) | Volume final (mL) | Concentração da solução-teste (%) |
|------------------------|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Controle/ Diluições | - | - | 50 | 50 | - |
| 1:1 | 1 | 50 | 0 | 50 | 100 |
| 1:2 | 2 | 25 | 25 | 50 | 50 |
| 1:4 | 4 | 12,5 | 37,5 | 50 | 25 |
| 1:8 | 8 | 6,25 | 43,75 | 50 | 12,5 |
| 1:16 | 16 | 3,125 | 46,875 | 50 | 6,25 |
| 1:32 | 32 | 1,562 | 48,437 | 50 | 3,125 |

2.3.6 Cálculo dos resultados

O parâmetro da Concentração Efetiva - CE (I_{50}): 48 horas e os intervalos de confiança foram obtidos, porém, o cálculo é realizado através do método da regressão linear, sendo utilizado para este propósito o programa Spearman-Kärber.

2.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

O Teste de Viabilidade da água: deve apresentar zero % de imobilidade em 48 horas, realizado com 5 réplicas, estando os organismos mantidos sem alimentação nas condições do cultivo.

O Teste de Sensibilidade com Dicromato de potássio: deve apresentar um resultado de no máximo 0,26 mg/L.

3 RESULTADOS

Os resultados do teste encontram-se no Quadro abaixo

QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS E pH

| Solução-teste (%) | Amostra | Nº de Imóveis Por réplica | | Nº de Organismos Por concentração | | % imóveis | PH Final |
|-------------------|---------|---------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------|----------|
| | | ----- | ----- | Imóveis | Total | | |
| Controle | - | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,66 |
| 100 | 1:1 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |
| 50 | 1:2 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |
| 25 | 1:4 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |
| 12,5 | 1:8 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |
| 6,25 | 1:16 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |
| 3,125 | 1:32 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,43 |

Resultado obtido durante o ensaio: FTd = 1 (FTd = Fator de Toxicidade para *Daphnia magna*).

Os resultados indicaram que a CE (I)₅₀:48 horas deve estar situada acima da maior concentração testada (100%).

Registrou-se os resultados de pH no início e ao final do ensaio (Quadro 2).

O Teste de Sensibilidade com o Dicromato de Potássio realizado nos dias 09/06/09 e 10/06/09 apresentou um resultado de CE(I)₅₀:24h = 0,12 mg/L

3.1 CÁLCULO ESTATÍSTICO

- A CE(I)₅₀:48 horas = **Não obtida, situa-se acima da maior concentração testada (100%).**

- A concentração que provoca imobilidade total situa-se acima da maior concentração testada (100%), e a concentração máxima testada que não provoca imobilidade foi de **100%.**

3.2 CONCLUSÃO

Concluí-se que a amostra Água de Lagoa não foi considerada tóxica para a espécie de microcrustáceo *Daphnia magna*, por ter apresentado taxa de imobilidade inferior a 10% na maior concentração testada da amostra (100%).

3.3 DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE ANALÍTICA

Declaramos para os devidos fins que o estudo de avaliação da toxicidade aguda em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna* para a Amostra Água de Lagoa foi requerido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Este documento contém informações estritamente confidenciais, bem como o relatório final aqui apresentado.

O relatório final apresenta um registro preciso e verdadeiro dos resultados obtidos, estando os dados brutos gerados do estudo à disposição da Empresa contratante, arquivados no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos/CEPPA, situado no Centro Politécnico, Curitiba/PR.



July



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 1 ABNT. Associação Brasileira e Normas Técnicas. **NBR 12713**: ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004. 21 p.
- 2 CETESB. **Análise estatística de resultados de testes de toxicidade aguda**. Norma complementar L5.017. São Paulo, 1987. 29 p.
- 3 CETESB. **Lavagem de materiais utilizados em ensaios biológicos**. São Paulo, 1986. p. 1-14 (Procedimento Operacional Padronizado, nº 008).
- 4 ELENDET, B.P. Trace nutrient deficiency in *Daphnia magna* culture in standart medium for toxicity testing. Effects of the optimization of culture conditions on life history parameters of *Daphnia magna*. **Wat. Res.**, v. 24, n. 9, p. 11576-67, 1990.
- 5 HAMILTON, M. A. et al. Trimmed spearman-karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity biossays. **Environ. Sci. Technol.**, v. 12, n. 4, p. 417, 1978.
- 6 OECD. Guidelines for testing of chemicals. **Effects on biotic systems.**, *Daphnia* sp., 24h EC50 Acute Immobilization test. [S.l.], 1983. Section 2-202, Part I.
- 7 TESTVERFAHREN mit Wasserorganismen. DIN 38412 (teil 30). [S.l.], 1989. (Gruppe L), 2-9.
- 8 TESTE com Daphnias inibição da capacidade natatória de *Daphnia magna*. In: KNIE, J.L.W.; LOPES, E, W.B. **Testes ecotoxicológicos**: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004. p. 109 – 142.
- 9 USEPA. **Methods for mensuring the acute of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 4.ed. Washington, D.C. : Office of Research and Development, 1991. (EPA/600/4-90/027).



Submetido ao CEPPA - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
Centro Politécnico - Prédio das Usinas Piloto - Bloco B - Sala PP01.
Curitiba - Paraná
Convênio FUNPAR/CEPPA

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS:

RESPONSÁVEL PELA ENTIDADE



Prof. Luiz Fernando de Lima Junior
Chefe do CEPPA
Matrícula UFPR 109185

Professor Dr. LUIZ FERNANDO DE LIMA LUZ JUNIOR

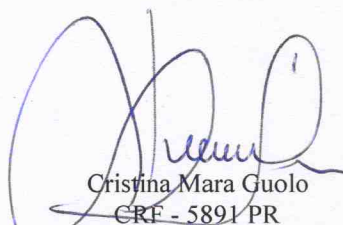
RESPONSÁVEL PELO ESTUDO



Michele Maitê Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-03P

Bióloga MICHELE MAITÊ FLORES

COORDENADORA DO LABORATÓRIO



Cristina Mara Guolo
CRF - 5891 PR
Coordenadora do Laboratório

Farmacêutica CRISTINA MARA GUOLO

Início do estudo: 03/06/09

Término do estudo: 26/06/09

Elaboração do Certificado de Análise: 30/06/2009

ANEXO 7 - MPHPs analisados no Departamento de Geociências Aplicadas do Centro de Geociências da Universidade de *Göttingen*/Alemanha.

limit of detection \rightarrow Bestimmungsgrenze

| Application | Compound | BG Wastewater [ng/l] | BG surface w [ng/l] |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|
| Analgesics And anti-inflammatories | Diclofenac | 15 | 2 |
| | Ibuprofen | 19 | 3,6 |
| | Naproxen | 24 | 4,8 |
| | Paracetamol | 26 | 3,7 |
| | Phenazone | 17 | 2 |
| Stimulants And caffeine metabolites | Caffeine | 39 | 4,3 |
| | Paraxanthine | 13 | 3,2 |
| | Theobromine | 24 | 5,1 |
| | Theophylline | 18 | 3,4 |
| | 1-Methylxanthine | 130 | 21 |
| Antihypertensive agents | 3-Methylxanthine | 134 | 28 |
| | Atenolol | 11 | 3,5 |
| | Metoprolol | 22 | 4,1 |
| Contrast media | Sotalol | 32 | 4,8 |
| | Iohexol | 159 | 21 |
| | Iomeprol | 143 | 18 |
| | Iopamidol | 135 | 19 |
| Antibiotics | Iopromide | 105 | 18 |
| | Clarithromycin | 18 | 7,5 |
| | Erythromycin | 29 | 4,3 |
| | Roxithromycin | 15 | 9,5 |
| | Sulfamethoxazole | 14 | 2,6 |
| Lipid regulators | Trimethoprim | 15 | 2,5 |
| | Bezafibrate | 7,3 | 3,5 |
| | Clofibric acid | 15 | 3,4 |
| Antihistamines | Gemfibrozil | 16 | 2 |
| | Cetirizine | 12 | 2,2 |
| Anticonvulsants and sedatives | Loratadine | 10 | 2,7 |
| | Carbamazepine | 8,8 | 2,2 |
| | Diazepam | 11 | 1,4 |
| | Primidone | 13 | 2,7 |
| Selective serotonin reuptake inhibitors | Tetrazepam | 15 | 2,5 |
| | Citalopram | 35 | 3,2 |
| | Fluoxetine | 82 | 15 |
| Pesticides And pesticide metabolites | Sertraline | 112 | 16 |
| | Atrazine | 8,9 | 1,4 |
| | Desethylatrazine | 8,7 | 1,7 |
| | Desisopropylatrazine | 15 | 5,6 |
| | Diuron | 14 | 3,3 |
| | Isoproturon | 18 | 3 |
| | Mecoprop | 5 | 1,2 |
| Corrosion inhibitors | Metazachlor | 11 | 1,8 |
| | 1H-Benzotriazol | 18 | 4,7 |
| Cocaine metabolite | Tolyltriazol | 34 | 4,9 |
| Ulcer treatment | Benzoyllecgonin | 8,8 | 2,3 |
| | Pantoprazole | 36 | 4,7 |

| Compound | Lieferant |
|----------------------|--------------------|
| Paraxanthine-d6 | Sigma Aldrich |
| Atenolol-d7 | Sigma Aldrich |
| Desmethoxyiopromide | LGC Promochem |
| SMX 13C6 | LGC Promochem |
| Isoproturon-d6 | Dr. Ehrenstorfer |
| Atrazine-d5 | Dr. Ehrenstorfer |
| Carbamazepine-d10 | LGC Promochem |
| Ery-13C-d3 | Sigma Aldrich |
| MacrolS Ery-MetOxime | Selbst hergestellt |
| Diazepam-d5 | LGC Promochem |
| Loratadine-d4 | Biomol |
| Ibuprofen-d3 | Sigma Aldrich |
| Mecoprop-d3 | Dr. Ehrenstorfer |
| Fluoxetine-d4 | LGC Promochem |
| Lansoprazole | Sigma Aldrich |

**ANEXO 8 - Coordenadas das linhas levantadas na área da vala séptica de Curitiba –
Linha 01 a Linha 05.**

Em cada estação foram registrados em coordenadas UTM os eixos X (N) e Y (E) e a cota Z. As tabelas 01 a 05 apresentam as coordenadas das linhas 01 a 05. Estes dados possibilitaram a realização do levantamento geofísico eletrorresistivo.

Tabela 01: Coordenadas da Linha 01 – levantamento topográfico

| LINHA 01 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L01-01 | 7177407.9117 | 666270.5366 | 911.0610 |
| L01-02 | 7177427.9851 | 666272.0469 | 914.8563 |
| L01-03 | 7177447.8636 | 666273.5463 | 917.9271 |
| L01-04 | 7177467.8855 | 666275.0417 | 920.1786 |
| L01-05 | 7177487.7762 | 666276.5259 | 922.4845 |
| L01-06 | 7177507.6664 | 666278.0135 | 925.0008 |
| L01-07 | 7177527.6643 | 666279.4964 | 925.3500 |
| L01-08 | 7177547.6036 | 666280.9813 | 925.1991 |
| L01-09 | 7177567.5197 | 666282.4763 | 925.5638 |
| L01-10 | 7177587.5327 | 666283.9597 | 925.7570 |
| L01-11 | 7177607.4401 | 666285.4612 | 924.4714 |
| L01-12 | 7177627.4239 | 666286.9236 | 923.0869 |
| L01-13 | 7177647.3150 | 666288.3788 | 920.6724 |
| L01-14 | 7177667.2469 | 666289.8977 | 918.9389 |
| L01-15 | 7177687.1630 | 666291.3970 | 916.3286 |
| L01-16 | 7177707.1798 | 666292.8555 | 917.5246 |
| L01-17 | 7177727.1199 | 666294.4015 | 915.9606 |
| L01-18 | 7177747.0312 | 666295.8775 | 913.9763 |
| L01-19 | 7177767.0370 | 666297.3516 | 913.6053 |
| L01-20 | 7177786.9953 | 666298.8532 | 913.8749 |
| L01-21 | 7177806.8645 | 666300.3517 | 912.9173 |
| L01-22 | 7177826.7829 | 666301.8186 | 909.6347 |
| L01-23 | 7177846.7224 | 666303.2971 | 908.9388 |
| L01-24 | 7177866.7663 | 666304.8116 | 908.2608 |
| L01-25 | 7177886.6920 | 666306.3183 | 903.4459 |
| L01-26 | 7177904.0288 | 666307.5896 | 902.1485 |

Tabela 02: Coordenadas da Linha 02 – levantamento topográfico

| LINHA 02 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L02-01 | 7177420.5322 | 666371.8098 | 911.1643 |
| L02-02 | 7177440.3892 | 666373.2902 | 913.2600 |
| L02-03 | 7177460.4378 | 666374.7845 | 915.1139 |
| L02-04 | 7177480.3804 | 666376.2844 | 916.7705 |
| L02-05 | 7177500.3220 | 666377.7137 | 919.6808 |
| L02-06 | 7177520.2364 | 666379.1821 | 921.1724 |
| L02-07 | 7177540.1314 | 666380.7360 | 922.7183 |
| L02-08 | 7177560.1330 | 666382.2342 | 923.8827 |
| L02-09 | 7177580.0072 | 666383.6809 | 927.3487 |
| L02-10 | 7177599.9959 | 666385.2356 | 930.8565 |
| L02-11 | 7177619.9598 | 666386.6553 | 931.0215 |
| L02-12 | 7177639.8966 | 666388.1180 | 931.5455 |

| LINHA 02 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L02-13 | 7177659.7932 | 666389.6412 | 931.5880 |
| L02-14 | 7177679.7471 | 666391.1121 | 931.9991 |
| L02-15 | 7177699.6811 | 666392.6521 | 932.2651 |
| L02-16 | 7177719.6184 | 666394.1111 | 932.8651 |
| L02-17 | 7177739.5601 | 666395.5906 | 932.8768 |
| L02-18 | 7177759.5198 | 666397.0603 | 933.8206 |
| L02-19 | 7177779.4527 | 666398.5529 | 934.6700 |
| L02-20 | 7177799.4000 | 666400.0765 | 935.1619 |
| L02-21 | 7177819.3655 | 666401.5598 | 928.3469 |
| L02-22 | 7177839.3108 | 666403.0255 | 919.6509 |
| L02-23 | 7177859.2301 | 666404.5423 | 917.3863 |
| L02-24 | 7177879.1871 | 666406.0199 | 917.8566 |
| L02-25 | 7177899.1816 | 666407.5332 | 915.0775 |
| L02-26 | 7177919.0674 | 666408.9935 | 914.9570 |

Tabela 03: Coordenadas da Linha 03 – levantamento topográfico

| LINHA 03 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L03-01 | 7177433.0541 | 666472.9559 | 912.9006 |
| L03-02 | 7177452.9240 | 666474.5177 | 915.6598 |
| L03-03 | 7177472.8738 | 666475.9630 | 919.1595 |
| L03-04 | 7177492.8275 | 666477.4448 | 921.9240 |
| L03-05 | 7177512.8280 | 666478.9454 | 923.3085 |
| L03-06 | 7177532.7282 | 666480.4176 | 921.3964 |
| L03-07 | 7177552.6863 | 666481.8980 | 922.1415 |
| L03-08 | 7177572.5997 | 666483.3833 | 923.2708 |
| L03-09 | 7177592.5895 | 666484.9163 | 926.6620 |
| L03-10 | 7177612.5414 | 666486.3750 | 929.0175 |
| L03-11 | 7177632.4748 | 666487.8663 | 930.0146 |
| L03-12 | 7177652.3671 | 666489.3345 | 930.0104 |
| L03-13 | 7177672.3991 | 666490.8422 | 930.5023 |
| L03-14 | 7177692.2678 | 666492.3746 | 934.3576 |
| L03-15 | 7177712.2441 | 666493.8471 | 934.3751 |
| L03-16 | 7177732.1595 | 666495.3220 | 934.6184 |
| L03-17 | 7177752.1137 | 666496.8543 | 934.7706 |
| L03-18 | 7177772.1100 | 666498.2799 | 934.9966 |
| L03-19 | 7177792.0163 | 666499.8157 | 934.7393 |
| L03-20 | 7177811.9423 | 666501.2447 | 929.3287 |
| L03-21 | 7177831.8376 | 666502.7794 | 925.4764 |
| L03-22 | 7177851.8135 | 666504.2936 | 923.7899 |
| L03-23 | 7177871.7677 | 666505.7770 | 923.8781 |
| L03-24 | 7177891.7976 | 666507.2138 | 921.1517 |
| L03-25 | 7177911.6656 | 666508.7561 | 919.3173 |
| L03-26 | 7177931.6227 | 666510.1695 | 918.0833 |
| L03-27 | 7177951.5489 | 666511.7428 | 906.5720 |
| L03-28 | 7177951.5492 | 666511.7418 | 906.5721 |

Tabela 04: Coordenadas da Linha 04 – levantamento topográfico

| LINHA 04 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L04-01 | 7177545.2472 | 666581.6909 | 909.6368 |
| L04-02 | 7177565.2016 | 666583.1194 | 909.7833 |
| L04-03 | 7177585.1277 | 666584.5752 | 918.5094 |
| L04-04 | 7177605.1061 | 666586.1587 | 922.9199 |
| L04-05 | 7177625.0063 | 666587.5930 | 926.2629 |
| L04-06 | 7177644.9140 | 666589.1488 | 927.4481 |
| L04-07 | 7177664.9088 | 666590.5214 | 927.4515 |
| L04-08 | 7177684.7845 | 666592.0822 | 928.4696 |
| L04-09 | 7177704.8059 | 666593.5273 | 928.3211 |
| L04-10 | 7177724.7250 | 666595.0451 | 928.1362 |
| L04-11 | 7177744.7159 | 666596.5144 | 928.1966 |
| L04-12 | 7177764.6363 | 666598.0123 | 928.1247 |
| L04-13 | 7177784.4980 | 666599.4945 | 925.4689 |
| L04-14 | 7177804.4758 | 666600.9505 | 922.2229 |
| L04-15 | 7177824.3736 | 666602.4814 | 922.2901 |
| L04-16 | 7177844.3777 | 666603.9669 | 920.4673 |
| L04-17 | 7177864.3783 | 666605.4442 | 919.2872 |
| L04-18 | 7177884.2647 | 666606.9397 | 918.5361 |
| L04-19 | 7177904.2221 | 666608.3962 | 916.1456 |
| L04-20 | 7177924.1280 | 666609.8483 | 910.4395 |
| L04-21 | 7177944.1766 | 666611.4816 | 907.2940 |

Tabela 05: Coordenadas da Linha 05 – levantamento topográfico

| LINHA 05 | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| NOME | NORTE | ESTE | COTA |
| L05-01 | 7177576.9513 | 666694.3100 | 906.8628 |
| L05-02 | 7177596.8505 | 666695.7459 | 910.9338 |
| L05-03 | 7177616.8728 | 666697.2128 | 915.8042 |
| L05-04 | 7177636.6753 | 666698.7224 | 918.6935 |
| L05-05 | 7177656.6939 | 666700.2370 | 917.8028 |
| L05-06 | 7177676.6124 | 666701.6939 | 919.3340 |
| L05-07 | 7177696.5612 | 666703.2100 | 918.2862 |
| L05-08 | 7177716.5104 | 666704.7234 | 920.7837 |
| L05-09 | 7177736.4215 | 666706.2552 | 916.7247 |
| L05-10 | 7177756.4214 | 666707.6901 | 913.8125 |
| L05-11 | 7177776.3931 | 666709.1674 | 909.0446 |
| L05-12 | 7177796.3036 | 666710.7260 | 905.2177 |
| L05-13 | 7177816.2412 | 666712.1447 | 904.1656 |
| L05-14 | 7177836.2857 | 666713.6532 | 902.8295 |
| L05-15 | 7177856.1018 | 666715.0850 | 902.8129 |
| L05-16 | 7177876.1418 | 666716.6679 | 900.4795 |
| L05-17 | 7177896.0715 | 666718.1052 | 902.9940 |
| L05-18 | 7177915.9262 | 666719.6105 | 907.2691 |
| L05-19 | 7177935.9162 | 666721.1119 | 911.9571 |

ANEXO 9 - Especificação técnica do cartucho para extração da fase sólida (Waters Corporation).

Certificate of Analysis

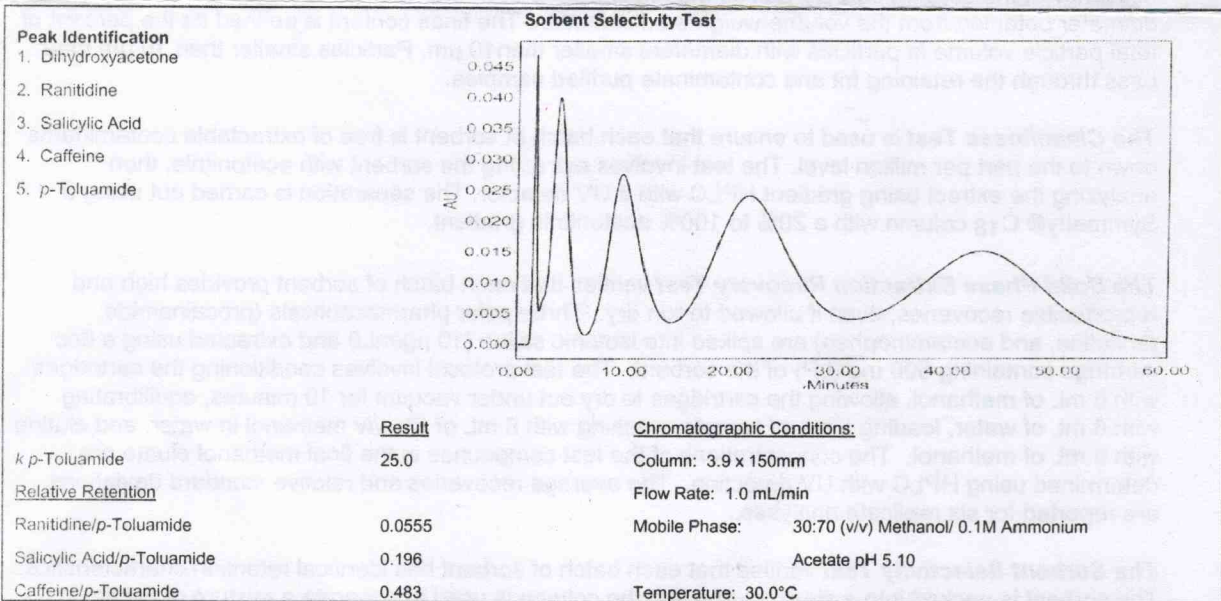
Oasis[®] Extraction Cartridge

Sorbent: Oasis[®] HLB 60 μ m (LP) Cartridge Type: 5cc Glass
 Sorbent Batch #: 072A Cartridge Lot #: 072A191841
 Part Number: 186000683

Sorbent Test Results (See reverse for description of tests)

| | Specification | Result |
|---|---------------|--------|
| Specific Surface Area (m ² /g) | 727 - 889 | 807 |
| Average Pore Diameter (Å) | 73 - 89 | 83 |
| Total Pore Volume (cm ³ /g) | 1.18 - 1.44 | 1.31 |
| Avg. Particle Diameter (μ m) | 50.0 - 65.0 | 51.1 |
| Fines Content | \leq 1.0% | 0.01 |
| Cleanliness Test | Proprietary | Pass |

| Solid Phase Extraction Recovery Test | | |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Compound | Avg. Recovery % (n=6) | Rel. Std. Deviation % (n=6) |
| Procainamide | 97 | 0.3 |
| Ranitidine | 95 | 0.3 |
| Acetaminophen | 103 | 0.6 |



Cartridge Lot Test Results

Average Sorbent Weight (g) 0.200

Phenol/Phthalate Cleanliness Test Pass

Material Approved:

Jean P. ...

Date

6 May 2009

Quality Control

Oasis, Symmetry, and Waters are trademarks of Waters Corporation.
 © Waters Corporation 1999. Printed in the U.S.A.

Form #1289, Rev. 2

Waters

THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.™

Waters and The Science of What's Possible are trademarks of Waters Corporation. © 2008 Waters Corporation

Waters Corporation 34 Maple Street, Milford, Massachusetts 01757-3696 U.S.A. 508 478-2000 www.waters.com

Waters Oasis® HLB Extraction Cartridge Certificate of Analysis is the most comprehensive certificate of its type in the industry, covering all key properties of the sorbent and assembled cartridges. Our narrow specifications are made possible by tight control of all manufacturing processes, reducing lot-to-lot differences to a minimum. The following is an explanation of our quality control tests.

Test Results

The Specific Surface Area, Average Pore Diameter, and Total Pore Volume of each batch of sorbent are determined using multipoint N₂ sorption. The specific surface area is calculated using the multipoint BET method, and the average pore diameter is obtained from the desorption leg of the isotherm using the BJH method. The specific surface area affects the overall retentivity of the sorbent, while the average pore diameter determines the accessibility of the pores to analytes of different sizes. The total pore volume affects the density of the sorbent bed.

The Average Particle Diameter and Fines Content are determined using a high-resolution, electrozone-sensing particle size analyzer. The average particle diameter affects the chromatographic efficiency of the sorbent bed, as well as the resistance to flow. The number reported is the average diameter obtained from the volume-weighted distribution. The fines content is defined as the percent of total particle volume in particles with diameters smaller than 10 µm. Particles smaller than 10 µm may pass through the retaining frit and contaminate purified samples.

The Cleanliness Test is used to ensure that each batch of sorbent is free of extractable contaminants down to the part per million level. The test involves extracting the sorbent with acetonitrile, then analyzing the extract using gradient HPLC with a UV detector. The separation is carried out using a Symmetry® C₁₈ column with a 20% to 100% acetonitrile gradient.

The Solid Phase Extraction Recovery Test verifies that each batch of sorbent provides high and reproducible recoveries, even if allowed to run dry. Three polar pharmaceuticals (procainamide, ranitidine, and acetaminophen) are spiked into isotonic saline (10 µg/mL) and extracted using a 6cc cartridge containing 500 mg (LP) of the sorbent. The test protocol involves conditioning the cartridges with 6 mL of methanol, allowing the cartridges to dry out under vacuum for 10 minutes, equilibrating with 6 mL of water, loading 5 mL of sample, washing with 6 mL of 5% v/v methanol in water, and eluting with 6 mL of methanol. The concentrations of the test compounds in the final methanol eluate are determined using HPLC with UV detection. The average recoveries and relative standard deviations are reported for six replicate analyses.

The Sorbent Selectivity Test verifies that each batch of sorbent has identical retention characteristics. The sorbent is packed into a steel column and the column is used to separate a mixture of acidic (salicylic acid), basic (ranitidine), and neutral (caffeine, *p*-toluamide) compounds. We report the retention factor (*k*) of *p*-toluamide, and the relative retentions of the other compounds using *p*-toluamide as a reference. Dihydroxyacetone is the void volume marker.

The Cartridge Lot Test results are obtained during the manufacture of each lot of cartridges. We report the **Average Sorbent Weight**. In addition, we perform a **Cleanliness Test** on several cartridges from each lot to check for traces (ng levels) of two common **phenols** (bisphenol A and nonyl phenol) and six **phthalates** (dimethyl, diethyl, dibutyl, benzyl butyl, bis (2-ethylhexyl) and dioctyl phthalates). The test involves eluting the cartridges with two consecutive 5 mL portions of 10% methanol in methyl *t*-butyl ether, then determining the amount of each analyte in the second portion after concentrating to 200 µL.

Oasis, Symmetry and Waters are trademarks of Waters Corporation.
© Waters Corporation 1999. Printed in the U.S.A.

Single Use Only
Made in USA

Qty/Pouch: 1

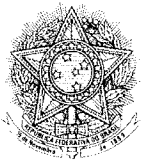
Oasis® HLB 5cc 200mg LP
Glass Cartridge

Part No.
186000683

Lot No.
072A191841

Sorbent Batch No. 072A

ANEXO 10 - Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas do ponto TOSHIBA.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX. P. 19.083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº 121061

PRODUTO: ÁGUA DE NASCENTE - PONTO 02 – PRÓXIMO A CERCA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda.

ENDEREÇO: Rua Maria Lúcia Locher de Athayde, 1.051 CIC – Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº: 1648 – 29/10/09

AMOSTRA: 4746/09

RESULTADOS

01/04

Descrição do produto: amostra coletada na data de 29/10/09 às 11:00 h pelo CEPPA e recebida refrigerada, acondicionada em 10 frascos plásticos opacos, 01 frasco de vidro âmbar e 02 frascos de vidro fornecidos pelo mesmo.

Dados de coleta: Dia: 29/10/09 Horário: 11:00 h / Técnico: Dinael Gorte Camargo. / Clima: Tempo Bom/ Temperatura: 16,6°C ambiente e 17°C amostra / Instrução de Coleta: IT-AE-004/R-02.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

| | |
|--|-----------------------|
| Contagem de coliformes totais (NMP/100 mL) | 2,0 x 10 ³ |
| Contagem de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) | 1,0 x 10 ² |


METODOLOGIA

ENZYME substrate coliform test: method 9223: part 9000 In: APHA Standard methods for the examination of water and wastewater: 21st ed Washington, 2005 p 9-72.

Dados do ensaio:

Início: 29/10/09 Término: 07/11/09


Anelise Talamini Iwersen
Gerente Técnica
CRBio 25222-07D


Cristina Mara Guolo
Coordenadora do Laboratório
CRF - 5891 PR

/S

Curitiba, 24 de Novembro de 2009

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

| | |
|--|---------|
| Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L) (1) | 58,17 |
| Cor Aparente (Hz) (2) | 30,00 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg /L) (3) | 3,38 |
| Demanda Química de Oxigênio (mg O ₂ /L) (4) | 10,15 |
| Dureza Total (mg CaCO ₃ /L) (5) | 61,19 |
| Fosfato (mg P/L) (6) | < 0,05 |
| Fósforo Total (mg P/L) (7) | < 0,05 |
| Nitrato (mg NO ₃ -N/L) (8) | 0,16 |
| Nitrito (mg NO ₂ -N/L) (9) | 0,01 |
| Nitrogênio Kjeldahl (mg NH ₃ -N/L) (10) | 1,25 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg NH ₃ -N/L) (11) | < 1,00 |
| Nitrogênio Orgânico (mg NH ₃ -N/L) (12) | < 1,00 |
| Cloreto (mg Cl/L) (13) | 5,30 |
| Condutividade (µS/cm) (14) | 165,70 |
| Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L) (15) | 7,96 |
| Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L) (16) | 11,90 |
| Sulfeto (mg S ²⁻ /L) (17) | 0,80 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (18) | 100,00 |
| Sólidos Totais (mg/L) (19) | 106,00 |
| Temperatura °C (20) | 17,0 |
| Turbidez (NTU) (21) | 1,48 |
| pH (22) | 7,55 |
| Óleos e Graxas (mg/L) (23) | 2,70 |
| Fluoreto (mg F/L) (24) | 0,50 |
| * Cianeto (mg CN/L) (25) | < 0,004 |
| * Fenol (mg/L C ₆ H ₅ OH) (25) | 0,011 |
| - Voc's: (26) | |
| - Clorofórmio (mg/L) | < 0,002 |
| - Dicloroetano (mg/L) | < 0,002 |
| - Tricloroetano (mg/L) | < 0,004 |
| - Tetracloroeto de Carbono (mg/L) | < 0,002 |
| ** Boro (mg/L) (27) | N.D |

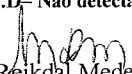
Dados do ensaio:

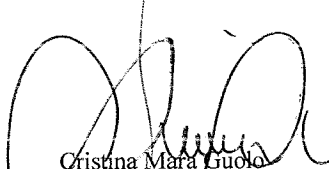
Início: 29/10/09 Término: 23/11/09 Responsáveis: Maria Judite Dzumane e Silvana Alves de Andrades.

* Conforme Certificado de ensaio nº: FQ 6332/09

** Conforme Certificado de ensaio nº: 09012395

**Obs: N.D= Não detectado em nível de 0,05 mg/L.


 Mirian Reikdal Medeiros
 Gerente Técnica
 CRQ 09200830 – 9ª região


 Cristina Mara Guolo
 Coordenadora do Laboratório
 CRF - 5891 PR

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

| | |
|-------------------------|---------|
| Alumínio (mg/L) | 1,07 |
| Arsênico (mg/L) | < 0,005 |
| Cádmio (mg/L) | < 0,002 |
| Cálcio (mg/L) | 10,33 |
| Chumbo (mg/L) | < 0,01 |
| Cobre (mg/L) | < 0,05 |
| Cromo (mg/L) | < 0,05 |
| Estanho (mg/L) | < 0,05 |
| Ferro (mg/L) | 0,79 |
| Magnésio (mg/L) | 5,93 |
| Selênio (mg/L) | < 0,005 |
| Zinco(mg/L) | < 0,02 |
| Ferro dissolvido (mg/L) | 0,17 |
| Cobre dissolvido (mg/L) | < 0,05 |
| Manganês (mg/L) | 0,52 |
| Prata (mg/L) | < 0,01 |
| Bário (mg/L) | < 0,25 |
| Mercúrio (mg/L) | < 0,001 |
| Níquel (mg/L) | < 0,05 |


Dados do ensaio:

Início: 03/11/09 Término: 16/11/09

Responsáveis: Andréa B. Gonçalves Bonassoli e Silvana Alves de Andrades.



Emiliana Borges
CRQ 09100126
Gerente Técnica



Jackeline Taveira Cangussu
CRQ 09200768 - 9ª Região
Coordenadora do Laboratório

REFERÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS:

- 1 TITRATION Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 2-27-29 (Method 2320 B).
- 2 VISUAL Comparison method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 2-2-3 (Method 2120 B)
- 3 DAY BOD Test. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 5-2-7 (Method 5210 B)
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12614: águas – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – (método de incubação 120°C, cinco dias) Rio de Janeiro, 1992 5 p
- 4 OPEN Reflux method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 5:15-16 (Method 5220 B).
- 5 EDTA Titrimetric method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 2:37-39 (Method 2340 C)
- 6 STANNOUS CHLORIDE method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p. 4:152-153 (Method 4500-P D)
- 7 INTRODUCTION and SAMPLE Preparation, In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4:146-151 (Method 4500-P A e B).
- 8 CADMIUM Reduction Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4-123-125 (Method 4500-NO₃ E)
- 9 COLORIMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4:118-119 (Method 4500-NO₂ B)
- 10 MACRO-KJELDAHL method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4:130-132 (Method 4500-N_{org} A e B).
- 11 INTRODUCTION and PRELIMINARY Distillation Step. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4-108-110 (Method 4500-NH₃ A e B)
- 12 MACRO-KJELDAHL method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p.4:130-132 (Method 4500-N_{org} A e B)
- 13 ARGENTOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p. 4:70-71 (Method 4500-Cl- B)
- 14 LABORATORY method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 2:47-48 (Method 2510 B).
- 15 AZIDE Modification method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p. 4:138 - 140 (Method 4500-O C)
- 16 TURBIDIMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p. 4-188, 189 (Method 4500-SO₄²⁻ E)
- 17 IODOMETRIC Method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 4-176 (Method 4500-S²⁻ F)
- 18 TOTAL Dissolved Solids Dried at 180°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 2-57 (Method 2540 C)
- 19 TOTAL Solids Dried at 103-105°C. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 2-56 (Method 2540 B).
- 20 LABORATORY and Fields Methods. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 2-61,62 (Method 2550 B)
- 21 NEPHELOMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 2:9-11 (Method 2130 B).
- 22 ELECTROMETRIC method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. p 4:90-94 (Method 4500-H⁺ B)
- 23 SOXHLET Extraction method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 5:40 - (Method 5520 D)
- 24 PRELIMINARY Distillation Step. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p.4:83-84 (Method 4500-F⁻ B)
- SPADNS method. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater 21th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005 p 4-85-86 (Method 4500-F⁻ D)


ANÁLISES TERCEIRIZADAS FÍSICO-QUÍMICAS:

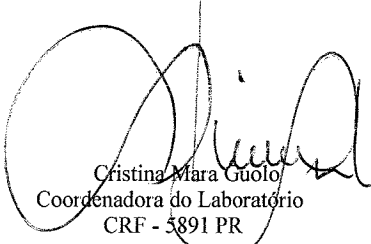
- * 25 APHA, AWWA, WEF Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st ed 2005
- * 26 U.S Environmental Protection Agency. Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). EPA 8260B – Revision 2, December 1996.
- ** 27 Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial (ICP OES), conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21^a edição, 2005, método 3120

REFERÊNCIAS METAIS:

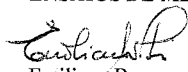
STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF. 1998 (Methods 3111B – 3111D – 3114B – 3112B)

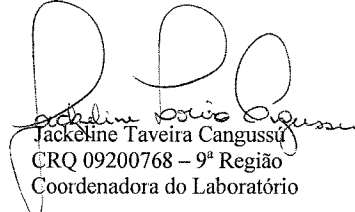
ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS**ENSAIOS FÍSICO – QUÍMICOS:**


 Miriam Reikdal Medeiros
 Gerente Técnica
 CRQ 09200830 – 9^a região


 Cristina Mara Guolo
 Coordenadora do Laboratório
 CRF - 5891 PR

ENSAIOS DE METAIS:


 Emiliania Borges
 CRQ 09100126
 Gerente Técnica


 Jackeline Taveira Cangussu
 CRQ 09200768 – 9^a Região
 Coordenadora do Laboratório

Curitiba, 24 de Novembro de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA - CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01

CX P 19 083 - FONES: (41) 3366-3668 / 3361-3195 - FAX: (41) 3266-1647

e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº 121064

PRODUTO: ÁGUA DE NASCENTE - PONTO 02 - PRÓXIMO A CERCA

FABRICANTE/PRODUTOR: ---X---

SOLICITANTE: Toshiba Sistemas de Transmissão e Distribuição do Brasil Ltda.

ENDEREÇO: Rua Maria Lúcia Locher de Athayde, 1.051 CIC - Curitiba/PR

PROTOCOLO DE RECEPÇÃO DE AMOSTRA Nº: 1648 - 29/10/09

AMOSTRA: 4746/09

RESULTADOS

01/01

CERTIFICADO DE ANÁLISE COMPLEMENTAR AO Nº 121061

| ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS | | | |
|---|---|--------------------|---|
| Tipo de Análise | Metodologia | Limite de Detecção | Resultado |
| T003 Bioensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> | Bioensaio segundo ABNT NBR 15411-3:2006 | 1 FT _B | FT _B = 1 CE ₂₀ = n.a. CE ₅₀ = n.a. |

Característica da amostra: pH da amostra: 7,96
Transparente, incolor.
Condutividade: 0,14 mS/cm

Observações:


FT_B = Fator de Toxicidade para *Vibrio fischeri*: menor diluição da amostra em que não se observa efeito significativo de inibição de luminescência do organismo indicador (equivalente ao Fator de Diluição FD_{BI} definido na Portaria nº 017/02 - FATMA de 18/04/2002).

CE₂₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 20 % da luminescência do organismo indicador.


CE₅₀ = Concentração efetiva da amostra inibidora de 50 % da luminescência do organismo indicador.

n.a. = não aplicável; a amostra pura (concentração efetiva = 100%) apresentou inibição de luminescência inferior a 20% (CE₂₀ = n.a.) ou 50% (CE₅₀ = n.a.).

Resultados conforme Número de Registro: 13167


Michele Maítê Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-03P

Curitiba, 24 de Novembro de 2009


Cristina Mara Guolo
CRF - 5891 PR
Coordenadora do Laboratório



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

CEPPA

CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

CENTRO POLITÉCNICO - PRÉDIO DAS USINAS PILOTO - BLOCO B - SALA PP01
CX P. 19 083 - FONES: (41) 366-3668 / 361-3195 - FAX: (41) 266-1647
e-mail: ceppa@ufpr.br - www.ceppa.ufpr.br - CEP 81531-990 - CURITIBA - PARANÁ

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº 6310

SÉRIE AG

CERTIFICADO DE ANÁLISE COMPLEMENTAR AO Nº 121064

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DA AMOSTRA ÁGUA DE NASCENTE – PONTO 02 – PRÓXIMO A CERCA PARA O ORGANISMO TESTE *Daphnia magna*, Straus, 1820 (Cladocera, Crustácea)

SOLICITANTE: TOSHIBA SISTEMAS DE TRANSMISSÃO.

RUA MARIA LUCIA LOCHER DE ATHAYDE, 1051 – CIC.
CURITIBA/PR.

Data da solicitação: 29/10/09

CURITIBA
2009

OBSERVAÇÃO: • A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A AMOSTRA RECEBIDA PELO CEPPA
• AS INFORMAÇÕES CONSTANTES NESTE CERTIFICADO DE ANÁLISE SÃO CONFIDENCIAIS E PERTENCENTES AO SOLICITANTE
• É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DESDE QUE INTEGRALMENTE E SEM NENHUMA ALTERAÇÃO

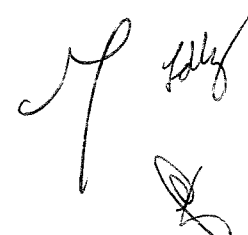
SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE QUADROS..... | 3 |
| DEFINIÇÕES..... | 4 |
| RESUMO..... | 5 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 MATERIAL MÉTODOS..... | 6 |
| 2.1 IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA-TESTE/AMOSTRA..... | 6 |
| 2.2 MATERIAL..... | 6 |
| 2.3 MÉTODOS..... | 7 |
| 2.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS..... | 9 |
| 3 RESULTADOS..... | 10 |
| 3.1 CÁLCULO ESTATÍSTICO..... | 10 |
| 3.2 CONCLUSÃO..... | 11 |

[Handwritten signature]
[Handwritten mark]

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 – PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE | 9 |
| QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS e pH..... | 10 |

Handwritten signature and initials in the bottom right corner of the page.

DEFINIÇÕES

Agente Tóxico – Substância ou outros materiais tais como formulações, efluentes líquidos ou águas continentais que podem causar efeitos deletérios quando em contato com os organismos-teste.

Água de diluição – Água utilizada para a manutenção de culturas e para a realização dos testes com *Daphnia magna*.

CE (I)₅₀: 48 h - Concentração efetiva inicial média, nominal do agente tóxico no início do teste que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% dos organismos em 48 horas de exposição, nas condições do teste.

FTd – Fator de toxicidade de *Daphnia magna*.

FTd = 1 - Significa que a amostra pura e diluída não apresenta efeito tóxico (significativo) sobre o bioindicador.

Organismo-teste - Organismos cujas alterações no crescimento, sobrevivência, morfologia e/ou fisiologia, eventualmente decorrentes de exposição de substâncias teste, que serão testados em ensaios biológicos e/ou toxicológicos.

Substância-teste - Substância testada quanto ao possível efeito em um organismo teste, podendo tanto ser um produto técnico quanto uma formulação ou água residual.

Solução-estoque - Qualquer solução de meio ou substância-teste em concentrações superiores àquelas usadas no teste.

Solução-teste - Solução da substância-teste nas concentrações testadas.



RESUMO

Testou-se a Amostra Água de Nascente – Ponto 02 – Próximo a cerca da Toshiba Sistemas de Transmissão, quanto a sua toxicidade aguda para o microcrustáceo *Daphnia magna* através de bioensaio de sistema estático em laboratório. Utilizou-se métodos descritos nos manuais do IBAMA, CETESB e USEPA. O estudo ocorreu em apenas 1 (uma) fase: **preliminar**, com uma série de concentrações, variando de 3,125% a 100,0 % (que são os Fatores de Diluição para *Daphnia* – **FDd**) da substância-teste (amostra). A concentração efetiva inicial - CE(I)₅₀: 48 h não foi obtida. Não foi observada a concentração **mínima** que provoca 100% de imobilidade. A **maior** concentração testada (100%) não provocou imobilidade dos organismos, efetuando um resultado FTd = 1.



1 INTRODUÇÃO

Realizou-se o bioensaio toxicológico no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), através de solicitação da Toshiba Sistemas de Transmissão, em 29/10/09.

O objetivo deste foi avaliar a toxicidade aguda da amostra Água de Nascente – Ponto 02 – Próximo a cerca, em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*.

O estudo foi conduzido entre 18/11/09 a 20/11/09 determinando as concentrações do teste, segundo os procedimentos descritos no Manual do IBAMA, USEPA e CETESB.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA-TESTE/AMOSTRA

A amostra foi coletada pelo cliente, em 29/10/09 às 13:37.

2.1.1 Protocolo de recepção nº: 1648

2.1.2 Número da amostra: 4746

2.1.3 Amostra: Água de Nascente – Ponto 02 – Próximo a cerca.

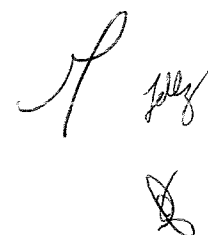
2.1.4 Estado físico, aspecto e cor: Amostra transparente, incolor.

2.1.5 Condições de armazenamento e estocagem: Frasco plástico opaco, contendo aproximadamente 1 Litro, estocado a 4° C.

2.2 MATERIAL

2.2.1 Aparelhos, vidrarias e equipamentos

- Autoclave Phoenix;
- Balança Analítica Marte A 200;
- Condicionadores de ar Consul e Springer;
- Destilador da água Biomatic;
- Estufa Fanen 315 SE ;
- Condutivímetro CD 20;
- Oxímetro DM4;
- pHmetro DM-20;
- Refrigerador Climax;
- Termômetros;
- Incubadora biológica;
- Pipeta graduada de 1,0 - 2,0 - 5,0 e 10,0 mL;
- Pipeta volumétrica de 1,0 - 5,0 ,10,0 e 50,0 mL;
- Micropipeta de 0,1 mL,
- Balão volumétrico de 100,0 e 1000,0 mL;
- Béquer de vidro de 20,0 - 200,0 e 1000,0 mL;



2.2.2 Reagentes

Dicromato de Potássio (Reagen);
Indicador buffer tablets MERCK (dureza);
Soluções padrões para pH (4,00 e 7,00 Digimed);
Solução padrão de Condutividade 1,412 uS/cm à 25 °C (Digimed).
Soluções-estoque para o Meio de Cultura M4:
Meio Básico (CaCl₂, MgSO₄, KCl, NaHCO₃);
Solução Catiônica (MnCl₂.4H₂O, LiCl, RbCl, SrCl₂.2H₂O, ZnCl₂, CoCl₂.6H₂O);
Solução Aniônica (NaNO₃, H₃BO₃, NaBr, Na₂MoO₄.2H₂O, KI, NaSeO₃, NH₄VO₃);
Solução de Silicato (Na₂SiO₃);
Solução de Fe/EDTA (Na₂EDTA.2H₂O, FeSO₄.7H₂O);
Solução de Fosfato (KH₂PO₄);
Solução de Vitaminas (tiamina, cianocobalamina e biotina).

2.2.3 Organismo-teste

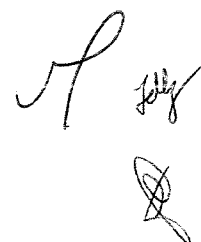
Utilizou-se neste bioensaio a espécie de microcrustáceo Cladóceros *Daphnia magna*. Microcrustáceo planctônico, de 5 mm a 6 mm de comprimento, que atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática e se alimenta por filtração de material orgânico particulado em suspensão.

2.3 MÉTODOS

A manipulação das vidrarias utilizadas no preparo das soluções-estoque, manutenção das culturas e execução dos bioensaios seguem as normas apresentadas conforme a ABNT e CETESB.

2.3.1 Condições do cultivo

Os organismos utilizados no teste de toxicidade aguda foram obtidos de culturas laboratoriais mantidas no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos.
As fêmeas foram acondicionadas em béquer de vidro contendo 800 mL de meio de cultura. Cada béquer continha aproximadamente de 15 a 20 fêmeas com idade entre 10 e 18 dias, sendo mantido em câmara fechada, com fotoperíodo por 16 horas de exposição a luz e 8 horas de exposição ao escuro. Diariamente as culturas foram limpas e alimentadas com microalgas *Scenedesmus subspicatus*.



2.3.2 Dados biológicos

Utilizou-se água destilada, para preparar a água de diluição com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 0,08 uS/cm
Dureza: 6,50 mg/L de CaCO₃
pH: 7,50

Utilizou-se também 20 litros do meio aerado para a manutenção das fêmeas e diluição das soluções-teste com os seguintes parâmetros:

Condutividade: 550 uS/cm
Dureza: 219 mg/L de CaCO₃
pH: 7,50

2.3.3 Obtenção dos organismos-teste

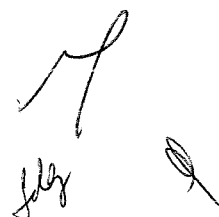
Os organismos-teste foram obtidos entre 6 e 24 horas de idade, separados dos adultos e alimentados com microalgas.

2.3.4 Condições do teste

Os organismos e as soluções foram aclimatados ao ambiente de teste por cerca de 1 hora. Os testes foram realizados no interior de uma incubadora biológica com temperatura controlada de $21 \pm 1^\circ\text{C}$, no escuro e sem suprimento de alimentação. Os ensaios de pH foram registrados no início e no final de cada experimento. O teste foi realizado com 2 (duas) réplicas e os resultados obtidos em 24 e 48 horas de bioensaio.

2.3.5 Preparo das soluções-teste

Colocou-se 50 mL da amostra em um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água de diluição, homogeneizando bem, obtendo-se uma diluição com fator de 1:2. Em seguida retirou-se 50 mL com pipeta volumétrica dessa solução e foram distribuídos em volumes aproximadamente iguais em recipientes de teste (± 25 mL em cada béquer). Os 50 ml restantes no balão foram completados com água de diluição para 100 mL e homogeneizados, resultando numa diluição de fator 1:4. Procedeu-se dessa maneira até a última diluição desejada.



QUADRO 1 - PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTES

| Amostra | Fator de Diluição (FD) | Amostra (mL) | Água de Diluição (mL) | Volume final (mL) | Concentração da solução-teste (%) |
|------------------------|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Controle/ Diluições | - | - | 50 | 50 | - |
| 1:1 | 1 | 50 | - | 50 | 100 |
| 1:2 | 2 | 25 | 25 | 50 | 50 |
| 1:4 | 4 | 12,5 | 37,5 | 50 | 25 |
| 1:8 | 8 | 6,25 | 43,75 | 50 | 12,5 |
| 1:16 | 16 | 3,125 | 46,87 | 50 | 6,25 |
| 1:32 | 32 | 1,562 | 48,438 | 50 | 3,125 |

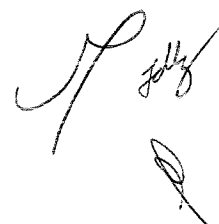
2.3.6 Cálculo dos resultados

O parâmetro da Concentração Efetiva - CE (I_{50}): 48 horas e os intervalos de confiança foram obtidos, porém, o cálculo é realizado através do método da regressão linear, sendo utilizado para este propósito o programa Spearman-Kärber.

2.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

O Teste de Viabilidade da água: deve apresentar zero % de imobilidade em 48 horas, realizado com 5 réplicas, estando os organismos mantidos sem alimentação nas condições do cultivo.

O Teste de Sensibilidade com Dicromato de potássio: deve apresentar um resultado de no máximo 0,26 mg/L.



3 RESULTADOS

Os resultados do teste encontram-se no Quadro abaixo

QUADRO 2 – DADOS DE IMOBILIDADE, DILUIÇÕES TESTADAS E pH

| Solução-teste (%) | Amostra | N° de Imóveis Por réplica | | N° de Organismos Por concentração | | % imóveis | PH Final |
|-------------------|---------|---------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------|----------|
| | | ----- | ----- | Imóveis | Total | | |
| Controle | - | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,66 |
| 100 | 1:1 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |
| 50 | 1:2 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |
| 25 | 1:4 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |
| 12,5 | 1:8 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |
| 6,25 | 1:16 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |
| 3,125 | 1:32 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 7,65 |

Resultado obtido durante o ensaio: FTd = 1 (FTd = Fator de Toxicidade para *Daphnia magna*).

Os resultados indicaram que a CE (I)₅₀:48 horas está situada acima da maior concentração testada (100,0 %).

Registrou-se os resultados de pH no início e ao final do ensaio (Quadro 2).

O Teste de Sensibilidade com o Dicromato de Potássio realizado nos dias 07/07/09 e 08/07/09 apresentou um resultado de CE(I)₅₀:24h = 0,19 mg/L

3.1 CÁLCULO ESTATÍSTICO

- A CE(I)₅₀:48 horas = Não foi obtida, situa-se acima da maior concentração testada (100,0 %)

- A concentração que provoca imobilidade total situa-se acima de 100,0 % da amostra analisada e a concentração que não provoca imobilidade situa-se na maior concentração testada (100 %)

3.2 CONCLUSÃO

Concluí-se que a amostra Água de Nascente – Ponto 02 – Próximo a cerca, não foi considerada tóxica para a espécie de microcrustáceo *Daphnia magna*, por ter apresentado taxa de imobilidade inferior a 10% na maior concentração testada da amostra (100%).

3.3 DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE ANALÍTICA

Declaramos para os devidos fins que o estudo de avaliação da toxicidade aguda em microcrustáceos da espécie *Daphnia magna* para a Amostra Água de Nascente – Ponto 02 – Próximo a cerca, foi requerido pela Toshiba Sistemas de Transmissão. Este documento contém informações estritamente confidenciais, bem como o relatório final aqui apresentado.

O relatório final apresenta um registro preciso e verdadeiro dos resultados obtidos, estando os dados brutos gerados do estudo à disposição da Empresa contratante, arquivados no Laboratório de Ecotoxicidade em Organismos Aquáticos/CEPPA, situado no Centro Politécnico, Curitiba/PR.

Handwritten signature and initials in the bottom right corner of the page.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

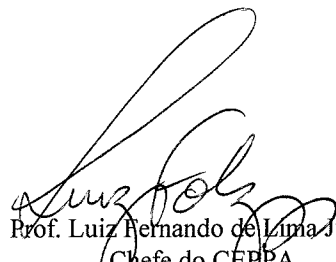
- 1 ABNT. Associação Brasileira e Normas Técnicas. **NBR 12713**: ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004. 21 p.
- 2 CETESB. **Análise estatística de resultados de testes de toxicidade aguda**. Norma complementar L5.017. São Paulo, 1987. 29 p.
- 3 CETESB. **Lavagem de materiais utilizados em ensaios biológicos**. São Paulo, 1986. p. 1-14 (Procedimento Operacional Padronizado, nº 008).
- 4 ELENDET, B.P. Trace nutrient deficiency in *Daphnia magna* culture in standart medium for toxicity testing. Effects of the optimization of culture conditions on life history parameters of *Daphnia magna*. **Wat. Res.**, v. 24, n. 9, p. 11576-67, 1990.
- 5 HAMILTON, M. A. et al. Trimmed spearman-karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environ. Sci. Technol.**, v. 12, n. 4, p. 417, 1978.
- 6 OECD. Guidelines for testing of chemicals. **Effects on biotic systems., *Daphnia* sp., 24h EC50 Acute Immobilization test**. [S.l.], 1983. Section 2-202, Part I.
- 7 TESTVERFAHREN mit Wasserorganismen. DIN 38412 (teil 30). [S.l.], 1989. (Gruppe L), 2-9.
- 8 TESTE com Daphnias inibição da capacidade natatória de *Daphnia magna*. In: KNIE, J.L.W.; LOPES, E, W.B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004. p. 109 – 142.
- 9 USEPA. **Methods for mensuring the acute of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 4.ed. Washington, D.C. : Office of Research and Development, 1991. (EPA/600/4-90/027).



Submetido ao CEPPA - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
Centro Politécnico - Prédio das Usinas Piloto - Bloco B - Sala PP01.
Curitiba - Paraná
Convênio FUNPAR/CEPPA

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS:

RESPONSÁVEL PELA ENTIDADE



Prof. Luiz Fernando de Lima Junior
Chefe do CEPPA
Matrícula UFPR 109185

Professor Dr. LUIZ FERNANDO DE LIMA LUZ JUNIOR

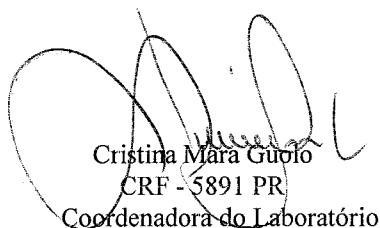
RESPONSÁVEL PELO ESTUDO



Michele Maitê Flores
Gerente Técnica
CRBio 45249-032

Bióloga MICHELE MAITÊ FLORES

COORDENADORA DO LABORATÓRIO



Cristina Mara Guolo
CRF - 5891 PR
Coordenadora do Laboratório

Farmacêutica CRISTINA MARA GUOLO

Início do estudo: 29/10/09

Término do estudo: 20/11/09

Elaboração do Certificado de Análise: 24/11/09

ANEXO 11 - Laudo dos parâmetros físico-químicas, bacteriológicas e bioensaios com *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna* em águas do ponto ESSENCIS.



essencis
soluções ambientais

LAUDO ANALÍTICO

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A

Área de Interesse Essencis – Ponto 1

NOVEMBRO/2009

15000011159

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. – CTR CURITIBA
Rua dos Palmenses, 4005 – CIC – CEP 81.450-650 – Curitiba – PR
Fone: (41) 3614-3050 e-mail: gfernandes@essencis.com.br / ccavanholi@essencis.com.br

1/7

1. INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE : Essencis Soluções Ambientais S/A
EFLUENTE : Área de Interesse Essencis – Ponto 1
DATA DA COLETA : 29.10.2009 – 10:10 hrs.
Nº DA AMOSTRA : 150000011159
TÉCNICO : Paulo Calaça

2. AMOSTRAGEM

O método utilizado para Coleta dos Efluentes foi baseado na norma NBR 9898 – Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – Procedimento, bem como diretrizes estabelecidas pelo Procedimento Operacional – PRO-065 - Amostragem. As informações referentes ao local da amostragem e demais condições de amostragem encontram-se descritas no protocolo de amostragem anexo a este laudo analítico. Ponto de Amostragem de acordo com as coordenadas E-666.023 e N-7.177.645.

3. RESULTADOS OBTIDOS

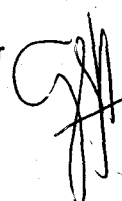
| PARÂMETROS | UNID. | 15000011159 | LD |
|--------------------------------------|-------|-------------|---------|
| Óleos e Graxas | mg/l | 6,60 | 5,00 |
| DQO | mg/l | 20,66 | - |
| Ferro Dissolvido | mg/l | 0,33 | 0,14 |
| pH | - | 7,57 | - |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/l | 1,68 | 0,42 |
| Cobre Dissolvido | mg/l | <0,06 | 0,06 |
| Arsênio | mg/l | 0,044 | 0,010 |
| Bário | mg/l | <0,66 | 0,66 |
| DBO | mg/l | 2,80 | - |
| Boro | mg/l | < 0,50 | 0,50 |
| Cádmio | mg/l | <0,001 | 0,0010 |
| Cianeto | mg/l | < 0,02 | 0,020 |
| Chumbo | mg/l | <0,10 | 0,10000 |
| Cromo Total | mg/l | < 0,19 | 0,19 |
| Fenol | mg/l | 0,011 | 0,003 |
| Fluoreto | mg/l | 0,266 | 0,038 |
| Mercúrio | mg/l | <0,001 | 0,00100 |
| Níquel | mg/l | <0,09 | 0,09 |
| Prata | mg/l | <0,21 | 0,21 |
| Selênio | mg/l | <0,002 | 0,002 |
| Sulfeto | mg/l | < 0,10 | 0,10 |
| Temperatura | °C | 19,0 | - |
| Zinco | mg/l | 0,02 | 0,01 |
| Estanho | mg/l | <1 | 1 |
| Clorofórmio ⁽¹⁾ | ppm | 0,001 | - |
| Dicloroetano ⁽¹⁾ | ppm | <0,001 | - |
| Tetracloroeto Carbono ⁽¹⁾ | µg/l | <1,00 | - |
| Tricloroetileno ⁽¹⁾ | µg/l | <1,00 | - |
| Cálcio | mg/l | 8,79 | 0,24 |
| Alumínio | mg/l | < 0,36 | 0,36 |
| Cobre | mg/l | < 0,06 | 0,06 |
| Nitrogênio Orgânico ⁽¹⁾ | mg/l | 0,10 | - |
| Sulfato | mg/l | 43,21 | 2,86 |
| Turbidez | NTU | 3,78 | 0,05 |
| Sólidos Totais Dissolvidos | mg/l | 330,00 | 1 |
| Sólidos Totais | mg/l | 347,00 | 1 |

NOVEMBRO/2009

15000011159

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. – CTR CURITIBA
 Rua dos Palmenses, 4005 – CIC – CEP 81.450-650 – Curitiba – PR
 Fone: (41) 3614-3050 e-mail: gfernandes@essencis.com.br / ccavanholi@essencis.com.br

3/7



| PARÂMETROS | UNID. | 15000011159 | LD |
|---|------------|----------------|------|
| Cloreto | mg/l | 125,46 | 0,50 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/l | 7,59 | 2 |
| Ferro | mg/l | 0,53 | 0,14 |
| Magnésio | mg/l | 7,17 | 0,22 |
| Manganês | mg/l | 0,133 | 0,05 |
| Alcalinidade Total | mg/l | 110,70 | 2 |
| Cor Verdadeira | UC | 19,47 | 0,10 |
| Dureza Total | mg/l | 70,09 | 1 |
| Fosfato ⁽¹⁾ | mg/l | < 0,01 | - |
| Fósforo Total | mg/l | < 0,07 | 0,07 |
| Nitrato | mg/l | 18,02 | 1 |
| Nitrito | mg/l | 0,70 | 0,01 |
| Nitrogênio Kjeldhal Total | mg/l | 2,35 | 0,09 |
| Condutividade | µS/cm | 725,00 | - |
| Coliformes Totais | NMP/100 ml | 23000 | 1,1 |
| Escheriquiacoli ⁽¹⁾ | NMP/100 ml | 68 | - |
| Tox. Aguda Daphnia magna ⁽¹⁾ | - | Não tóxica | - |
| Tox. Aguda Vibrio fischeri ⁽¹⁾ | - | Não Detectável | - |

⁽¹⁾ → parâmetro analisado em laboratório sub-contratados autorizado pelo SGI – Essencis soluções Ambientais, conforme PRO-006.

Analisado por:

Caroline Zanello Broska

Caroline Zanello Broska
 Analista Químico
 CRQ 09201969 9ª Região

Flávia Friedrich

Flávia Friedrich
 Analista Químico
 CRQ 09201744 9ª Região

Patrícia Rafaela Luciano

Patrícia Rafaela Luciano
 Analista Químico
 CRQ 09201723 9ª Região

NOVEMBRO/2009

15000011159

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. – CTR CURITIBA
 Rua dos Palmenses, 4005 – CIC – CEP 81.450-650 – Curitiba – PR
 Fone: (41) 3614-3050 e-mail: gfernandes@essencis.com.br / ccavanholi@essencis.com.br

4/7



Observações:

- Laudo para os parâmetros subcontratados segue anexo a este laudo analítico.
- Este relatório de ensaio não pode ser reproduzido parcialmente.
- Os resultados analíticos apresentados referem-se somente à amostra analisada pelo laboratório.

Revisado por:

Chirles C. Galarda

Chirles Cavanholi Galarda
Supervisora Laboratório
CRQ 09201031 9ª Região

Aprovado por:

Gabriela de Souza Araújo Fernandes

Gabriela de Souza Araújo Fernandes
Gerente Meio Ambiente Regional
CRQ 09301397 9ª Região

Emissão dos Resultados: 20.11.2009

Emissão do Laudo: 23.11.2009

ANEXO 1 – Métodos de Ensaio Utilizados

As metodologias de quantificação e preparação das amostras aplicadas foram aquelas mencionadas na literatura, cujas técnicas analíticas seguem abaixo:

| Parâmetro | Método |
|-----------------------|--|
| Óleos e Graxas | SMWW 5520 D - Extração Soxhlet |
| DQO | SMWW 5220 D - Colorimetria |
| Ferro Dissolvido | US EPA 7380 - Absorção Atômica |
| pH | SMWW 4500 H+ - Potenciometria |
| Nitrogênio Amoniacal | SM 4500 NH3 B e C - Titulometria |
| Cobre Dissolvido | EPA 7210 - Absorção Atômica |
| Arsênio | EPA 7062 - Gerador de Hidretos / AA |
| Bário | EPA 7080 A - Absorção Atômica |
| DBO | SMWW 5210 - Incubação 5 Dias |
| Boro | SMWW 4500 B - B - Colorimetria |
| Cádmio | EPA 7130 - Absorção Atômica |
| Cianeto | SM 4500 CN - E - Colorimetria |
| Chumbo | EPA 7420 - Absorção Atômica |
| Cromo Total | US EPA 7190 - Absorção Atômica |
| Fenol | US EPA 9065 - Colorimetria |
| Fluoreto | US EPA 9214 - Íon Seletivo |
| Mercúrio | US EPA 7470 A, 7471 A e 7472 - GH / AA |
| Níquel | US EPA 7520 - Absorção Atômica |
| Prata | US EPA 7760 A - Absorção Atômica |
| Selênio | US EPA 7742 - Gerador de Hidretos / AA |
| Sulfeto | SMWW 4500 S-2 - F - Iodometria |
| Temperatura | SMWW 2550 B - Termômetro |
| Zinco | US EPA 7950 - Absorção Atômica |
| Estanho | US EPA 7870 - Absorção Atômica |
| Clorofórmio | US EPA 7480 - Absorção Atômica |
| Dicloroetano | VOC's EPA 5021 / 8260B e SVOC's EPA 8270 |
| Tetracloroeto Carbono | VOC's EPA 5021 / 8260B e SVOC's EPA 8270 |
| Tricloroetileno | VOC's EPA 5021 / 8260B e SVOC's EPA 8270 |
| Cálcio | EPA 7140 - Absorção Atômica |
| Alumínio | EPA 7020 - Absorção Atômica |
| Cobre | EPA 7210 - Absorção Atômica |
| Nitrogênio Orgânico | SMEWW 4500 |
| Sulfato | SMWW 4500 SO4-2 E - Turbidimetria |

NOVEMBRO/2009

150000011159

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. – CTR CURITIBA

Rua dos Palmenses, 4005 – CIC – CEP 81.450-650 – Curitiba – PR

Fone: (41) 3614-3050 e-mail: gfernandes@essencis.com.br / ccavanholi@essencis.com.br

6/7



| Parâmetro | Método |
|----------------------------|--|
| Turbidez | SMWW 2130 B – Nefelométrico |
| Sólidos Totais Dissolvidos | SMWW 2540 B, C, D, E e F – Gravimetria |
| Sólidos Totais | SMWW 2540 B, C, D, E e F – Gravimetria |
| Cloreto | SM 4500 Cl- - B – Argentometria |
| Oxigênio Dissolvido | SMWW 4500 O C – Titulometria |
| Ferro | US EPA 7380 - Absorção Atômica |
| Magnésio | US EPA 7450 - Absorção Atômica |
| Manganês | US EPA 7470 - Absorção Atômica |
| Alcalinidade Total | SMWW 2320 B – Titulométrico |
| Cor Verdadeira | SMWW 2120 B e C – Espectrofotometria |
| Dureza Total | SMWW 2340 C – Complexometria |
| Fosfato | SMEWW 4500 P – E |
| Fósforo Total | SMWW 4500 P B e D – Colorimetria |
| Nitrato | US EPA - 9210 A - Íon Seletivo |
| Nitrito | SMWW 4500 NO2- B – Colorimetria |
| Nitrogênio Kjeldhal Total | US EPA 351.3 - Titulométrico |
| Condutividade | SMWW 2510 B – Condutivímetro |
| Coliformes Totais | SM 9221 e 9221 C - Fermentação por tubos |
| Escheriquiacoli | SMEWW 9223 B |
| Tox. Aguda Daphnia magna | NBR 12713:2004 |
| Tox. Aguda Vibrio fischeri | NBR 15411-3 |

NOVEMBRO/2009

150000011159

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. – CTR CURITIBA
 Rua dos Palmenses, 4005 – CIC – CEP 81.450-650 – Curitiba – PR
 Fone: (41) 3614-3050 e-mail: gfernandes@essencis.com.br / ccavanholi@essencis.com.br

7/7



Cliente Unidade: **ESSENCIS** Data Amostragem: **29.10.09**
 Água/Efluente: **ÁREA DE INTERESSE ESSENCIS ponto 1.** Hora Amostragem: **10:10**

AMOSTRAGEM PELA ESSENCIS REGIONAL PR

Técnico Amostrador: **PAULO CALAÇA** (Essencis)
 Acompanhamento: **RONY** (Cliente)

PLANO DE AMOSTRAGEM ESSENCIS

Objetivo da Amostragem
 Análise de Efluente CONAMA Tratamento em ETE Análise de Parâmetros
 Análise de Água Portaria MS Monitoramento Efluente

Local para Amostragem
 Cliente Essencis

Pontos de Amostragem

| | | |
|--|---|--|
| ÁGUA BRUTA | ÁGUA TRATADA | ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO |
| <input checked="" type="checkbox"/> Água Superficial | <input type="checkbox"/> Água Industrial Tratada | <input type="checkbox"/> Água de abastecimento tratada |
| <input type="checkbox"/> Água de Abastecimento não tratada | <input type="checkbox"/> Água para uso Industrial | <input type="checkbox"/> Água potável |
| <input type="checkbox"/> Água de Poço | <input type="checkbox"/> Água de reuso | <input type="checkbox"/> Água adicionada de sais |
| | <input type="checkbox"/> Água destilada | <input type="checkbox"/> Água mineral |
| | <input type="checkbox"/> Água Deionizada | |
| | <input type="checkbox"/> Água bruta tratada | |

ÁGUA RESIDUAL

Efluente Líquido
 Água residuária
 Esgoto doméstico
 Esgoto Industrial

Equipamentos para Amostragem

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| Tipo de Amostrador | Armazenamento | Identificação | Nº / Tipo Frascaria | EPI's |
| <input type="checkbox"/> Bailer | <input checked="" type="checkbox"/> Isopor | <input checked="" type="checkbox"/> Etiqueta | <input checked="" type="checkbox"/> Bombona 3 L | <input type="checkbox"/> Óculos Segurança |
| <input type="checkbox"/> Amostrador de poço | <input checked="" type="checkbox"/> Caixa térmica | <input type="checkbox"/> Pincel Atômico | <input checked="" type="checkbox"/> Frasco vidro 1 L | <input type="checkbox"/> Luvas |
| <input type="checkbox"/> Balde / caneca | | | <input checked="" type="checkbox"/> Frasco vidro 500 / 250 ml | <input type="checkbox"/> Máscara |
| | | | <input checked="" type="checkbox"/> Frasco plástico | |

Preservação das Amostras

| | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Gelo | <input checked="" type="checkbox"/> H ₂ SO ₄ | <input type="checkbox"/> Acetato de Zinco | <input type="checkbox"/> Orgânicos | <input type="checkbox"/> Sulfito de Sódio |
| <input checked="" type="checkbox"/> HCl | <input checked="" type="checkbox"/> NaOH | <input checked="" type="checkbox"/> HNO ₃ | <input type="checkbox"/> EDTA | <input type="checkbox"/> Sem preservação |

Tipo de Coleta: Simples Composta
 Tempo de Armazenagem das Amostras (laboratório): _____

PRÉ-CARACTERIZAÇÃO

| Volume Amostrado | Nº Amostras | Possíveis Interferências / Matérias-primas principais |
|------------------|-------------|---|
| 16,2 kg | 14 | |

1. Caracterização da Água e da Amostra
 Temperatura da Amostra: **16,7 °C** pH: **7,57**

Presença de espumas: sim não
 Película de óleo: sim não

2. Caracterização das Condições Climáticas
 Temperatura do ar: **19 °C**

Clima: Sol Nublado
 Chuvas nas últimas 24 h: sim não
 durante a amostragem não sabe

3. Caracterização Hidráulica
 Vazão: _____ Período de funcionamento: _____
 Corpo receptor: _____

4. Descrição do processo que origina o efluente / água

AMOSTRA ENVIADA PELO CLIENTE? Sim Não
 Responsável pela amostragem (cliente): _____

OBSERVAÇÕES

[Assinatura]
 Visto Responsável

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 173239/2009-0

Processo Comercial Nº 20848/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

| | |
|-----------------------------|---|
| Empresa solicitante: | Essencis CO-Processamento e Incineração LTDA |
| Endereço: | Rua dos Palmenses, 4005 - CIC - Curitiba-PR - CEP: 81.450-650 . |
| Nome do Solicitante: | Patrícia Rafaela Luciano |

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

| | | | |
|--|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Identificação do Cliente: | Área de Interesse da Essencis | | |
| Amostra Rotulada como: | Água Superficial | | |
| Coletor: | Interessado | Data da coleta: | 29/10/2009 10:10:00 |
| Data da entrada no laboratório: | 30/10/2009 17:12:00 | Data de Elaboração do BA: | 17/11/2009 |

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

| Parâmetros | Unidade | LQ | Resultados analíticos |
|------------------------------------|-----------|------|-----------------------|
| Nitrogênio Orgânico | mg/L | 0,1 | 0,10 |
| Fosfato (como P) | mg/L | 0,01 | < 0,01 |
| Clorofórmio | µg/L | 1 | 1,0 |
| Dicloroetano | µg/L | 1 | < 1 |
| Tetracloroeto de Carbono | µg/L | 1 | < 1 |
| Tricloroetano | µg/L | 1 | < 1 |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1 | 68 |
| Microtox (Vibrio fischeri) | | | Resultado em Anexo |
| Toxicidade Aguda com Daphnia magna | | --- | Resultado em Anexo |

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - VOC - Água

| 178268/2009-0 - Branco de Análise - VOC - Água | | | |
|--|---------|----|-----------------------|
| Parâmetros | Unidade | LQ | Resultados analíticos |
| Clorofórmio | µg/L | 1 | < 1 |
| Tetracloroeto de Carbono | µg/L | 1 | < 1 |
| Tricloroetano | µg/L | 1 | < 1 |

Ensaio de Recuperação

| Parâmetros | Quantidade Adicionada | Unidade | Resultado da Recuperação (%) | Faixa Aceitável de Recuperação (%) |
|---|-----------------------|---------|------------------------------|------------------------------------|
| 178269/2009-0 - LCS - VOC - Água | | | | |
| 1,1-Dicloroetano | 50 | µg/L | 109 | 60 -140 |
| Benzeno | 50 | µg/L | 95 | 60 -140 |
| Tricloroetano | 50 | µg/L | 89 | 60 -140 |
| Tolueno | 50 | µg/L | 95 | 60 -140 |
| Clorobenzeno | 50 | µg/L | 97 | 60 -140 |
| Surrogates | | | | |
| 178268/2009-0 - Branco de Análise - VOC - Água | | | | |
| p-Bromofluorbenzeno | 50 | % | 103 | 60 -140 |
| Dibromofluorometano | 50 | % | 109 | 60 -140 |
| 178269/2009-0 - LCS - VOC - Água | | | | |
| p-Bromofluorbenzeno | 50 | % | 103 | 60 -140 |
| Dibromofluorometano | 50 | % | 108 | 60 -140 |
| 173239/2009-0 - Área de Interesse da Essencis | | | | |
| Dibromofluorometano | 50 | % | 97 | 60 - 140 |
| p-Bromofluorbenzeno | 50 | % | 98 | 60 - 140 |

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

Coliformes: POP PA 040 / SMEWW 9223 B

Fosforo Total: SMEWW 4500 - P - E - Ascorbic Acid Method

Nitrogênio Total Kjeldahl: POP PA 007 / SMEWW 4500

VOC - Água: POP PA 075 / USEPA SW 846 8260C, 5021A

VOC : POP PA 075 / USEPA SW 846 8260C, 5021A

Revisores

Débora Fernandes da Silva

Joseane Maria Bulow

Arnaldo Ribeiro

Maris Hamerski

Luis Fusato



Maris Hamerski

Coordenadora de Projeto
CRQ 09200731 - 9ª Região

BOLETIM DE ANÁLISE N° 173239/2009-0
 Processo Comercial N° 20848/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

| | |
|-----------------------------|---|
| Empresa solicitante: | Essencis CO-Processamento e Incineração LTDA |
| Endereço: | Rua dos Palmenses, 4005 - CIC - Curitiba-PR - CEP: 81.450-650 . |
| Nome do Solicitante: | Patrícia Rafaela Luciano |

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

| | | | |
|--|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Identificação do Cliente: | Área de Interesse da Essencis | | |
| Amostra Rotulada como: | Água Superficial | | |
| Coletor: | Interessado | Data da coleta: | 29/10/2009 10:10:00 |
| Data da entrada no laboratório: | 30/10/2009 17:12:00 | Data de Elaboração do BA: | 09/11/2009 |

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

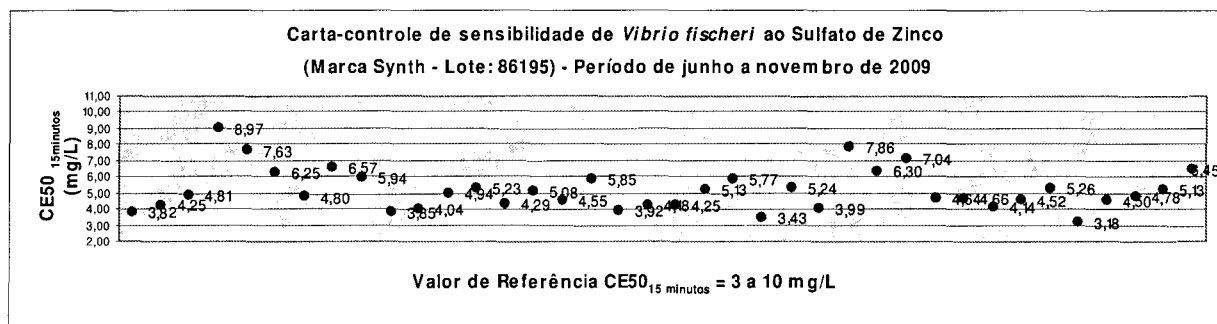
| Ensaio de toxicidade com bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> | Resultado | Unidade |
|---|-----------|---------|
| CE20 15 minutos | ND | % |
| CE50 15 minutos | ND | % |
| UT | ND | - |
| FT | 1 | - |

| Parâmetros físico-químicos da amostra | Resultado | Ajustes |
|---------------------------------------|-----------|---------------------------|
| Salinidade | 0 g/L | Ajuste osmótico no ensaio |
| pH | 7,30 | - |

CONCLUSÃO

A amostra não apresentou efeito tóxico agudo para o organismo-teste nas condições do ensaio

Controle de Qualidade



Notas

- CE50 = Concentração efetiva da amostra que causa 50% de inibição na luminescência do organismo-teste.
- CE20 = Concentração efetiva da amostra que causa 20% de inibição na luminescência do organismo-teste.
- UT= Unidade tóxica (100.CE50⁻¹)
- FT = Diluição mínima da amostra em que não se observa efeito significativo de inibição da luminescência do organismo-teste
- ND = não detectável

Abrangência

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

Todas estas datas constam nos dados brutos das análises e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado.

Plano de Amostragem

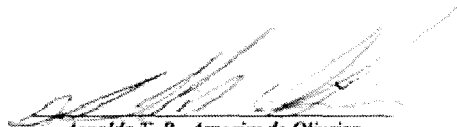
Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Referências Metodológicas

ABNT NBR 15411-3 – Ecotoxicologia aquática – Determinação do efeito inibitório de amostras de água sobre a emissão de luz da *Vibrio fischeri* (Ensaio de bactéria luminescente) – Parte 3: Método utilizando bactérias liofilizadas, 2006. 15p.

Revisores

Arnaldo Ribeiro



Arnaldo T. R. Amorim de Oliveira
Coordenador de Projeto
CRBio 640962/01-D - 1ª Região



**BOLETIM DE ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS Nº DEC 755/09
CE 2663-09**

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa do solicitante: Essencis CO-Processamento e Incineração LTDA.
Endereço: Rua dos Palmenses, nº 4005 - CIC - CEP. 81.450-650 - Curitiba - PR.
Nome do solicitante: Patrícia Rafaela Luciano.

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação da BIOAGRI: Amostra nº 1054885
Amostra rotulada como: Área de Interesse da Essencis.
Data da coleta: 29/10/09 Hora da coleta: não consta Coletor: interessado.
Aspecto físico da amostra: líquido congelado contido em frasco plástico.
Data da entrada no Lab. Ambiental: não consta Data da entrada no Lab. de Ecotoxicologia: 05/11/09
Data do ensaio (início e final): 06/11/09 a 08/11/09

Toxicidade Aguda com *Daphnia Magna*

CONDIÇÕES DO ENSAIO

Água de diluição e controle: M4
Temperatura durante a incubação - Máx: 21,0 Min: 19,4
Organismo-teste: *Daphnia Magna* Idade: 6 a 24 horas
Número de organismos por concentração: 20 Número de réplicas por concentração: 4
Fotoperíodo: escuro
Programa estatístico utilizado: Toxstat 3.5 (Teste de Fisher).

Resultados analíticos da amostra

| Parâmetro | CE ₅₀ ; 48 hora ⁽¹⁾ (%) | CENO ⁽²⁾ (%) | UTP ⁽³⁾ |
|---|--|----------------------------|--------------------|
| Toxicidade aguda a <i>Daphnia Magna</i> | ⁽⁴⁾ NT | 100 | 1 |

⁽¹⁾CE₅₀; 48 horas: concentração da amostra que causa imobilidade a 50% dos organismos-teste, no período de 48 horas de exposição.

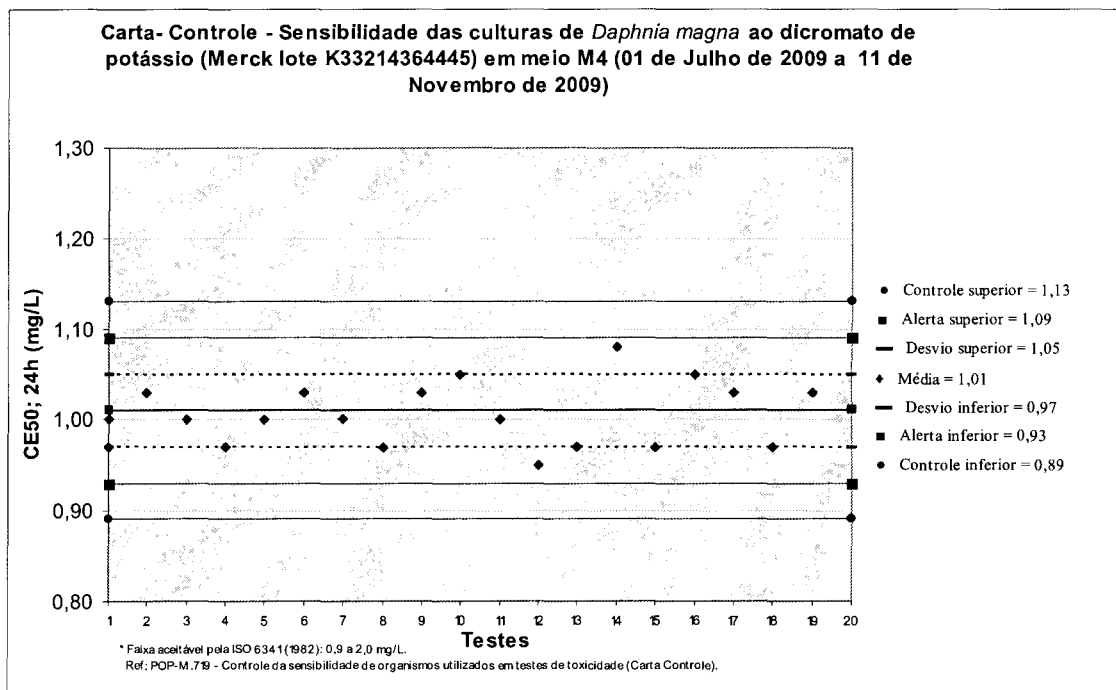
⁽²⁾CENO (concentração de efeito não observado): maior concentração da amostra que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência dos organismos nas condições do teste.

⁽³⁾UTP: número de unidades de toxicidades ou Fator de Diluição no período de teste, tendo como referência o teste de *Daphnia*, definido pela fórmula $UTP = 100/CENO$.

⁽⁴⁾NT (não tóxica): amostra testada 100% não apresentou toxicidade.

Número de organismos imóveis e sobrevivência após 48 horas de exposição, parâmetros físico-químicos das concentrações teste e controle.

| Concentração (%) | Imobilidade | Sobrevivência | pH | | Oxigênio dissolvido | |
|------------------|-------------|---------------|---------|-------|---------------------|-------|
| | | | Inicial | Final | Inicial | Final |
| 100 | 0 | 20 | 7,7 | 7,9 | 7,9 | 7,8 |
| 50 | 0 | 20 | - | - | - | - |
| 25 | 0 | 20 | - | - | - | - |
| 13 | 0 | 20 | - | - | - | - |
| 6,5 | 0 | 20 | - | - | - | - |
| Controle | 0 | 20 | 7,9 | - | 8,1 | - |



Métodos:

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia spp* (Cladocera, Crustacea). ABNT NBR 12713 : 2004, 21 páginas.
 FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). 1990. Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais. Método FEEMA NT – 213 R 4.

Obs:- Os resultados das análises referem-se somente às amostras enviadas pelo interessado.
 Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.



Luis A. Fusato
Técnico de laboratório
CRQ # 04425769

12 / 11 / 2009



Josélia N. Sesso
Responsável técnico
CRBio # 31188/01-D

12 / 11 / 2009

Página 2 de 2

Bioagri -Divisão de Ecotoxicologia - Rod. Rio Claro/Piracicaba (SP 127) Km 24 - Caixa Postal 573
Piracicaba/SP - CEP: 13412-000 - Tel. (19) 3429-7700 www.bioagri.com.br

**ANEXO 12 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas nas nascentes
situadas ao Sul da vala séptica de Curitiba.**

RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS

PROTOCOLO Nº.: 06719/10 - 00

CLIENTE

Cliente: PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA - SMS
Nome Fantasia: Secretaria Municipal da Saúde
Endereço: Rua Francisco Torres, 830 -
Curitiba - PR - C.E.P.: 80060-130

Proposta: 01500 / 09

DADOS DA AMOSTRA

Data e Hora da Amostragem: 29/06/2010 10:05
Ponto de Amostragem: Residência - Nascente
Rua José Cheinfirt, 86 - São Miguel
Responsável pela Amostragem: SMS / CVSA / LimnoBras
Responsável pelo Transporte: LimnoBras
Data de Fabricação: N.I.*
Embalagem: plástico e pvc estéril
Observação: Condições do Tempo: Bom
Longitude: WO -49.34501° / Latitude: S -25.51133° / Elevação: 875m

Data e Hora do Recebimento: 29/06/2010 12:00
Tipo de Amostragem: Simples
Tipo de Amostra: Água "in natura"
Procedimento de Amostragem: PT 1020 / 1025
Validade: N.I.*
Lote: N.I.*

DADOS DA(S) ANÁLISE(S)

Data de Início: 29/06/2010
Data do Término: 07/07/2010
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Água - Em atendimento à/ao Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

RESULTADOS

Análises Físico-Químicas

| Parâmetro | Método | LQ(¹) | Resultado | VMP(²) | Expressão |
|----------------------|-------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Cloro Residual Livre | HACH 8021 | 0,02 | < 0,02 | 0,2 a 5,0 | mg/L |
| Cor Aparente | SM 2120 B | 2,5 | 40,0 | 15,0 | un PtCo |
| Turbidez | SM 2130 B | 0,01 | 3,13 | 5,0 | NTU |
| pH | SM 4500-H+B | 0,01 | 7,13 | 6,0 a 9,5 | - |

Análises Microbiológicas

| Parâmetro | Método | LQ(¹) | Resultado | VMP(²) | Expressão |
|----------------------------|-----------------|-------|-----------|----------|-----------|
| Bactérias Heterotróficas | SM 9215 A e B | 1,0 | 310 | 500 | UFC/mL |
| Pseudomonas aeruginosa | SM 9213 F | 1,1 | < 1,1 | - | NMP/100mL |
| Coliformes Totais | SM 9221 B e C | 1,1 | > 23 | Ausência | NMP/100mL |
| Coliformes Termotolerantes | SM 9221 B/C e E | 1,1 | > 23 | Ausência | NMP/100mL |
| Escherichia coli | SM 9221 F | 1,1 | > 23 | Ausência | NMP/100mL |

NOTAS


(¹)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (²)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante
NMP = Número mais provável.
UFC: Unidade formadora de colônias.
O valor estabelecido como menor que 1,1 NMP/100 mL significa ausência de bactérias ou grupo pesquisado em 100 mL de amostra.


COMENTÁRIOS

A amostra analisada NÃO ATENDE ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.
pH e Cloro Residual Livre: parâmetros determinados em campo.
100% das coletas de amostras são supervisionadas por técnicos da Vigilância em Saúde Ambiental.

METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)

HACH: Hach Company. Water Analysis Handbook.
APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 ed. 2005.
Curitiba, 9 de Julho de 2010


Abner Weigert
Tcgº Químico Ambiental
CRQ 09201766 PR


Fábio Buturi
Farmacêutico-Bioquímico
CRF - PR 14271

RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS

PROTOCOLO Nº.: 07122/10 - 00

CLIENTE

Cliente: PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA - SMS
Nome Fantasia: Secretaria Municipal da Saúde
Endereço: Rua Francisco Torres, 830 -
Curitiba - PR - C.E.P.: 80060-130

Proposta: 01500 /09

DADOS DA AMOSTRA

Data e Hora da Amostragem: 07/07/2010 15:06
Ponto de Amostragem: Residência - Nascente 01
Rua José Cheinfert, 86 com Mário Dybas - São Miguel
Responsável pela Amostragem: LimnoBras
Responsável pelo Transporte: LimnoBras
Data de Fabricação: N.I.*
Embalagem: frasco plastico e vidro
Observação: Condições do Tempo: Bom
Longitude: W-49,34508° / Latitude: 25.51126° / Altitude: 919m

Data e Hora do Recebimento: 07/07/2010 16:15
Tipo de Amostragem: Simples
Tipo de Amostra: Água "in natura"
Procedimento de Amostragem: PT 1020 / 1025
Validade: N.I.*
Lote: N.I.*

DADOS DA(S) ANÁLISE(S)

Data de Início: 07/07/2010 Data do Término: 28/07/2010
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Água - Em atendimento à/ao Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

RESULTADOS

Análises Físico-Químicas

| Parâmetro | Método | LQ(¹) | Resultado | VMP(²) | Expressão |
|-----------------------------|-----------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| Acrilamida(*) | EPA 8032 A | 0,40 | < 0,4 | 0,5 | µg/L |
| Alumínio Total(*) | SM 3120 B | 0,07 | < 0,07 | 0,2 | mg/L |
| Amônia | SM 4500-NH3 F | 0,020 | 0,76 | 1,5 | mg/L |
| Antimônio Total(*) | SM 3120 B mod | 0,001 | < 0,001 | 0,005 | mg/L |
| Arsênico Total(*) | SM 3120 B mod | 0,001 | < 0,001 | 0,01 | mg/L |
| Bário Total(*) | SM 3120 B | 0,005 | 0,08 | 0,7 | mg/L |
| Chumbo Total(*) | SM 3113 B | 0,002 | < 0,002 | 0,01 | mg/L |
| Cianeto Livre | SM 4500-CN- E | 0,002 | < 0,002 | 0,07 | mg/L |
| Cloreto | SM 4500-Cl- B | 5,0 | < 5,0 | 250,0 | mg/L |
| Cobre Total(*) | SM 3120 B | 0,003 | < 0,003 | 2,0 | mg/L |
| Cor Aparente | SM 2120 B | 2,5 | 60,0 | 15,0 | un PtCo |
| Cádmio Total(*) | SM 3120 B | 0,003 | < 0,003 | 0,005 | mg/L |
| Dureza Total | SM 2340 C | 10,0 | 65,0 | 500,0 | mg/L |
| Ferro Total | MERCK 14761 | 0,010 | 2,15 | 0,3 | mg/L |
| Fluoreto | HACH 8029 | 0,2 | < 0,2 | 1,5 | mg/L |
| Glifosato(*) | EPA 547 | 60,0 | < 60,0 | 500,0 | µg/L |
| Manganês Total(*) | SM 3120 B | 0,002 | 0,33 | 0,1 | mg/L |
| Mercúrio Total(*) | EPA 7470 A | 0,0005 | < 0,0005 | 0,001 | mg/L |
| Nitrato - N | SM 4500-NO3 B | 1,0 | < 1,0 | 10,0 | mg/L |
| Nitrito - N | SM 4500-NO2 B | 0,010 | < 0,010 | 1,0 | mg/L |
| Odor | NBR 14341 | - | Isento | Não | - |
| Selênio Total(*) | SM 3113 B | 0,002 | < 0,002 | 0,01 | mg/L |
| Sulfato | SM 4500-SO4-2 E | 100,0 | < 100,0 | 250,0 | mg/L |
| Sulfeto de Hidrogênio | SM 4500-S-2 D | 0,02 | < 0,02 | 0,05 | mg/L |
| Surfactantes (Tensoativos) | SM 5540 C | 0,05 | 0,05 | 0,5 | mg/L |
| Sódio Total(*) | SM 3120 B | 0,05 | 0,58 | 200,0 | mg/L |
| Turbidez | SM 2130 B | 0,01 | 5,07 | 5,0 | NTU |
| Zinco Total(*) | SM 3120 B | 0,006 | < 0,006 | 5,0 | mg/L |
| pH | SM 4500-H+ B | 0,01 | 6,91 | 6,0 a 9,5 | - |
| Sólidos Dissolvidos Totais | SM 2540 C | 1,0 | 74,0 | 1000,0 | mg/L |
| Cloreto de Vinila(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 5,0 | µg/L |
| 1,2 - Dicloroetano(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 10,0 | µg/L |
| 1,1 - Dicloroetano(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 30,0 | µg/L |
| Diclorometano(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Tetracloroeto de Carbono(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 2,0 | µg/L |
| Tetracloroetano(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 40,0 | µg/L |

Continuação

PROTOCOLO Nº.: 07122/10 - 00

| | | | | | |
|--------------------------|-----------|-------|---------|-------|------|
| Triclorobenzeno(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Etilbenzeno (*) | EPA 524.2 | 0,002 | < 0,002 | 0,2 | mg/L |
| Tricloroeteno(*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 70,0 | µg/L |
| Monoclorobenzeno(*) | EPA 524.2 | 0,002 | < 0,002 | 0,12 | mg/L |
| Alaclor(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| 2,4 D(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 30,0 | µg/L |
| Trifluralina(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Molinato(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 6,0 | µg/L |
| Pendimetalina(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Heptacloro(*) | EPA 525.2 | 0,02 | < 0,02 | 0,03 | µg/L |
| Pentaclorofenol(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 9,0 | µg/L |
| Metolacloro(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 10,0 | µg/L |
| Permetrina(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Bentazona(*) | EPA 525.2 | 20,0 | < 20,0 | 300,0 | µg/L |
| Atrazina(*) | EPA 525.2 | 1,0 | < 1,0 | 2,0 | µg/L |
| Simazina(*) | EPA 525.2 | 1,0 | < 1,0 | 2,0 | µg/L |
| 2,4,6 - Triclorofenol(*) | EPA 525.2 | 0,02 | < 0,02 | 0,2 | mg/L |
| Heptacloro epóxido(*) | EPA 525.2 | 0,02 | < 0,02 | 0,03 | µg/L |
| Clordano (cis+trans)(*) | EPA 525.2 | 0,1 | < 0,1 | 0,2 | µg/L |
| DDT (isômeros)(*) | EPA 525.2 | 0,2 | < 0,2 | 2,0 | µg/L |
| Endossulfan(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Endrin(*) | EPA 525.2 | 0,2 | < 0,2 | 0,6 | µg/L |
| Hexaclorobenzeno(*) | EPA 525.2 | 0,2 | < 0,2 | 1,0 | µg/L |
| Lindano(*) | EPA 525.2 | 0,2 | < 0,2 | 2,0 | µg/L |
| Metoxicloro(*) | EPA 525.2 | 0,2 | < 0,2 | 20,0 | µg/L |
| Propanil(*) | EPA 525.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Cromo Total(*) | SM 3120 B | 0,002 | 0,005 | 0,05 | mg/L |
| Benzo(a) pireno (*) | EPA 525.2 | 0,5 | < 0,5 | 0,7 | µg/L |
| Aldrin + Dieldrin(*) | EPA 525.2 | 0,020 | < 0,02 | 0,03 | µg/L |
| Benzeno (*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 5,0 | µg/L |
| Estireno (*) | EPA 524.2 | 2,0 | < 2,0 | 20,0 | µg/L |
| Tolueno (*) | EPA 524.2 | 0,002 | < 0,002 | 0,17 | mg/L |
| Xileno (*) | EPA 524.2 | 0,002 | < 0,002 | 0,3 | mg/L |

Análises Microbiológicas

| Parâmetro | Método | LQ ⁽¹⁾ | Resultado | VMP ⁽²⁾ | Expressão |
|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|
| Bactérias Heterotróficas | SM 9215 A e B | 1,0 | 310 | 500 | UFC/mL |
| Pseudomonas aeruginosa | SM 9213 F | 1,1 | < 1,1 | - | NMP/mL |
| Coliformes Totais | SM 9221 B e C | 1,1 | > 23 | Ausência | NMP/100mL |
| Coliformes Termotolerantes | SM 9221 B/C e E | 1,1 | 9,2 | Ausência | NMP/100mL |
| Escherichia coli | SM 9221 F | 1,1 | 9,2 | Ausência | NMP/100mL |

NOTAS

(¹)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (²)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

NMP = Número mais provável.

UFC: Unidade formadora de colônias.

O valor estabelecido como menor que 1,1 NMP/100 mL significa ausência de bactérias ou grupo pesquisado em 100 mL de amostra.

(*) - Ensaios realizados em laboratório terceirizado o qual é qualificado pelo sistema de gestão da Limnobras.

COMENTÁRIOS

A amostra analisada NÃO ATENDE ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

pH - parâmetro determinado em campo.

O resultado "Isento" corresponde a uma intensidade igual a zero, em uma escala de medição de 0 a 12, equivalendo ao VMP Não Objetável.

Continuação

PROTOCOLO Nº.: 07122/10 - 00

METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

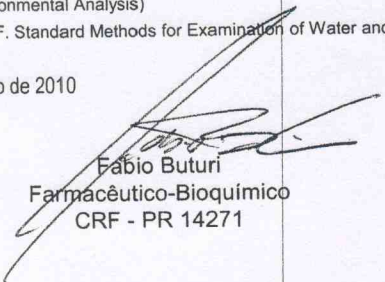
USEPA: United States Environmental Protection Agency.


HACH: Hach Company. Water Analysis Handbook.

Merck (Food & Environmental Analysis)

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 ed. 2005.

Curitiba, 29 de Julho de 2010


Fabio Buturi
Farmacêutico-Bioquímico
CRF - PR 14271


Abner Weigert
Tcgº Químico Ambiental
CRQ 09201766 PR