UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTIMATIVA DE RECARGA EM ÁREAS URBANIZADAS:
ESTUDO DE CASO NA BACIA DO ALTO TIETÊ (SP)**

Juliana Baitz Viviani-Lima

Orientador: Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em
Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
2007

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Viviani-Lima, Juliana Baitz

Estimativa de recarga em áreas urbanizadas:
estudo de caso na bacia do Alto Tietê (SP) /
Juliana Baitz Viviani-Lima. - São Paulo, 2007.
viii, 220 f.

Tese (Doutorado) : IGc/USP

Orient.: Hirata, Ricardo César Aoki

1. São Paulo (SP): Região Metropolitana:
Recarga de aquíferos 2. São Paulo (SP): Região
Metropolitana: Bacia hidrográfica 3. São Paulo
(SP): Áreas metropolitanas 4. Isótopos estáveis I.
Título

À minha família

Agradecimentos

Gostaria de registrar aqui meu agradecimento a todos que estiveram envolvidos no desenvolvimento desta tese e na minha vida ao longo deste percurso, já que é quase impossível separar as duas coisas durante a maior parte do tempo.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Hirata, pela oportunidade de estar envolvida no projeto de recarga, que me possibilitou ampliar meus conhecimentos e pela sua orientação, suporte e amizade ao longo de todo o percurso deste doutorado, que resultou não apenas na tese mas também num grande aprendizado. Também gostaria de agradecer ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ramon Aravena, da University of Waterloo, Canadá, que me permitiu desenvolver parte da pesquisa sob sua orientação e da oportunidade de realizar um estágio na University of Waterloo, me dando sempre o auxílio necessário.

Agradeço à FAPESP, pela bolsa de Doutorado Direto (Proc. 03/13509-7) e pelo financiamento do Projeto Recarga (Proc. 02/07202-3), do qual este Doutorado fez parte. À CAPES, pela bolsa de Doutorado Sandwich (BEX 0081/05-1) que permitiu o estágio na University of Waterloo.

Agradeço à Universidade de São Paulo e ao Instituto de Geociências da USP, por fornecer toda a base necessária ao desenvolvimento do Doutorado. Agradeço também à University of Waterloo, por me receber como aluna visitante, permitindo o uso de toda a infra-estrutura disponível.

Agradeço ao Prof. Ricardo de Camargo (IAG-USP), pelo fornecimento dos dados meteorológicos da USP, e a Manuelle Santos Góis Paixão (aluna de mestrado do IAG-USP durante a primeira parte deste projeto), pela troca de dados sobre a Raia Olímpica da USP. Agradeço à Prefeitura de São Paulo e ao Centro de Gerenciamento de Emergências, em particular ao Eng. Hassan Barakat e a Lucyara Rodrigues, pelo fornecimento dos dados de precipitação. Agradeço à SABESP, em especial aos funcionários Maria Carolina Gonçalves, André Góis, Rogério Marquezini, Moacir Brito e Adilson Campoy, pelo fornecimento dos dados químicos de esgoto para as áreas estudadas.

Agradeço também a pessoas que estiveram envolvidas no projeto ao longo da tese, Veridiana T. S. Martins, companheira neste projeto de doutorado. Agradeço à Cristiane Aily, Luis Mancini (Laboratório de Isótopos Estáveis – IGc-USP), Sandra Andrade (Laboratório de Química – IGc-USP), Lúcia Helena da Silva e Giselle Madagleno (Laboratório de Hidrogeoquímica – IGc-USP). Agradeço a Silvio Luiz Pereira e Paulo Rodrigues de Lima (Paulinho), funcionários do IGc-USP, que auxiliaram na execução dos campos. Agradeço também ao Laboratório de Química, ao Laboratório de Hidrogeoquímica do IGc-USP, ao Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (LFNA-UFBa) e ao Environmental Isotopes Laboratory da University of Waterloo (em especial a Richard Elgood), pela realização das análises das amostras. Aos professores do IGc que participaram do projeto, Marly Babinski, Teodoro I. Ribeiro, Fabio Taioli e José Domingos F. Gallas, pelo auxílio e troca de idéias, em especial durante a realização do projeto. Aos funcionários do Instituto de Geociências da USP, secretárias, laboratórios, biblioteca, gráfica (Claudionor Barboza, Henrique Martins, Sr. José), direção, apoio acadêmico (Tadeu Caggiano) e a Ana Paula Cabanal e Magali Rizzo, por todo o apoio ao longo do Doutorado. Aos alunos de graduação Mauricio Bertachini e Rosa, pelo auxílio no campo. Aos moradores da Vila Eutália, pela colaboração e compreensão ao longo do desenvolvimento do projeto, em especial ao morador Wagner, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Sinto-me muito agradecida também de poder contar com os amigos do Laboratório de Modelos Físicos (LAMO), que sempre estão dispostos a ajudar, tanto nas atividades do projeto, quanto pela amizade, que torna a jornada mais leve, são eles: Claudia Varnier, Alexandra Vieira Suhogusoff, Luiz Ferrari, Ingo Wahnfried, Veridiana Martins, Carlos Maldaner, Tatiana Tavares, Marcos Mondin, Prof. Reginaldo Bertolo. Agradeço também aos amigos da Pós-Graduação do IGc, por partilhar esta etapa comigo. Agradeço ainda aos amigos que tive a sorte de encontrar durante o estágio realizado em Waterloo, Jesse Stimson, Andrés Urrutia, Andréa Aliaga, Erika Williams, Amanda Sills, Jordi Helsen, Juliana Gardenalli, Marcelo Sousa, Young-Keun Hwang, Soonyoung Yu, Holger Bastuck, Matthias Mast, Sonja Amend, Maria Ortuño, Diana Puigserver. Aos meus amigos Flavia Facchin, Caio Barbieri, Marco Antonio Silva, Milena Camacho, Caren E. Martins, por sempre serem meus amigos e me apoiarem em todos os momentos. Aos amigos da turma da Geologia, que entraram em 1998 e/ou formandos de 2002, em especial às amigas Liza Polo e Carolina Corrêa, pelo companheirismo na jornada ter continuado mesmo após a formatura, por mais que os caminhos divirjam. Que estes laços de amizade continuem através da distância.

Agradeço também a toda a minha família, pais, irmão, avós, primos, tios, sogros e cunhados, que compreenderam a distância, as chateações e as coisas boas que ocorreram ao longo desta jornada. Um agradecimento especial aos meus pais, Valdir Viviani e Siumara Baitz Viviani, por sempre estarem ao meu lado e por serem os principais responsáveis por esta e todas as conquistas na minha vida, que não seriam possíveis sem sua dedicação, orientação, amor e apoio, sempre. Ao meu irmão, Eric Baitz Viviani, pelo companheirismo e por me apoiar e me ajudar sempre que precisei. Agradeço também ao meu avô, Armando Baitz, que me ensinou a “nunca deixar a peteca cair”.

Ao meu marido, Paulo Lojkasek Lima, por ser minha base e pelo amor, confiança e companheirismo, em todos os sentidos na minha vida.

“De tudo, ficaram três coisas: a certeza de que ele estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar.

Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sono uma ponte, da procura um encontro.”

Fernando Sabino (O Encontro Marcado)

RESUMO

A Bacia do Alto Tietê (BAT) abriga uma população de 19,5 milhões de pessoas numa área de 5.985 km², correspondendo aproximadamente ao contorno da região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A BAT é composta por dois sistemas aquíferos principais: o Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) (1.452 km²) e o Sistema Aquífero Cristalino (CAS) (4.238 km²). A importância da água subterrânea na RMSP tem crescido significativamente nos últimos 20 anos. Diversas indústrias e condomínios têm utilizado a água subterrânea como fonte complementar e muitas vezes exclusiva de abastecimento de água, extraindo um volume que corresponde a cerca de 13% do volume total de água distribuído pelas companhias de abastecimento público. Apesar de sua importância, pouco se sabe sobre a qualidade e quantidade de água que abastece esses sistemas aquíferos. Além disso, em áreas urbanas, a influência antrópica causa mudanças aos padrões de recarga natural dos sistemas aquíferos. Este estudo teve os seguintes objetivos: i) estimar a recarga no SAS em duas áreas com diferentes padrões de ocupação urbana (alta e baixa densidade de impermeabilização), utilizando diferentes métodos (flutuação dos níveis de água, aproximações darcinianas, hidroquímica, isótopos estáveis); e ii) determinar a origem da água de recarga (vazamentos do sistema de água e esgoto ou infiltração natural de chuva). Os períodos mais chuvosos e mais secos para ambas as áreas foi janeiro e agosto, respectivamente, e a precipitação total para a área menos urbanizada. O método de flutuação dos níveis de água estimou um valor de recarga natural para a área menos urbanizada de 246 mm/a e 183 mm/a para a área densamente urbanizada. Um valor de 481 mm/a foi obtido pelas aproximações darcinianas para a área mais urbanizada e 311 mm/a para a área menos urbanizada e, se as estimativas forem precisas, a diferença entre os resultados dos diferentes métodos indica a soma das fontes de recarga antrópicas (respectivamente 298 mm/a e 65 mm/a). A análise dos dados químicos de Na⁺, Cl⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ e SO₄²⁻ demonstrou a presença de vazamentos extensivos do sistema de esgoto em ambas as áreas. Os resultados dos isótopos em NO₃⁻ para a área urbanizada (enriquecimento de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$) e dados químicos (DOC, HCO₃⁻) indicam que a desnitrificação tem papel importante na atenuação do nitrato no aquífero. Os dados de níveis de água, da zona não saturada e isótopos ambientais indicam que chuvas menores que 20 mm/dia ou 100 mm/mês não são capazes de recarregar o aquífero. Os dados de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ coletados em ambas as áreas apresentam-se sobre uma linha de mistura entre as assinaturas da chuva (maior que 100 mm/mês) e água do sistema de abastecimento público, indicando a contribuição destas fontes distintas na recarga dos aquíferos (contribuição urbana de 14% na recarga da área menos urbanizada e 67% na área mais urbanizada, corroborando os resultados dos outros métodos). Os dados obtidos neste estudo indicam que vazamentos do sistema de esgoto e de água de abastecimento têm papel fundamental na recarga do aquífero e na qualidade da água subterrânea.

Palavras-chave: Recarga, Hidrogeologia Urbana, Bacia do Alto Tietê, São Paulo, Isótopos Estáveis

ABSTRACT

The Upper Tiete Watershed (UTW) has a population of 19.5 million in an area of 5,985 km², which corresponds approximately to the contour of the Metropolitan Region of Sao Paulo (MRSP), Brazil. The UTW is comprised of two major aquifer systems: the Sedimentary Aquifer System (SAS) (1,452 km²) and the Crystalline Aquifer System (CAS) (4,238 km²). The importance of groundwater in the MRSP has increased substantially during the last 20 years. Several industries and condominiums are using groundwater as a complementary and often exclusive source of water supply, extracting a volume that corresponds to approximately 13% of the total volume of water distributed by the public supply companies. Despite their importance, not much is known about the quality and quantity of the water that recharge these aquifer systems. Besides, in urban areas, the anthropogenic influence causes changes to the natural water recharge patterns of the aquifer systems. This study had the following objectives: i) estimating the recharge of the SAS in two areas with different land use patterns (high and low density of paved surfaces), using different methods (water table fluctuation, Darcyan approach, hydrochemistry, environmental isotopes); and ii) determining the origin of the recharge water (leakage of supply water and sewerage system or natural infiltration of rainfall). The rainiest and driest months for both areas were January and August, respectively, and the total precipitation for the densely paved area was 1,193 mm and 1,407 mm for the least-paved area. The water table fluctuation methodology estimated that natural recharge for the poorly urbanized area is 246 mm/a and 183 mm/a for the densely urbanized area. A value of 481 mm/a was obtained through the Darcyan approach for the more urbanized area and 311 mm/a for the less urbanized area and, if the estimations are accurate, the difference between the results of the different methods indicates the sum of the anthropogenic recharge sources (respectively 298 mm/a and 65 mm/a). Analysis of chemical data for Na⁺, Cl⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ and SO₄²⁻ showed the presence of extensive sewerage leakage in both areas. Results from isotopes in NO₃⁻ for the urbanized area (enrichment of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$) and chemical data (DOC, HCO₃⁻) indicated that denitrification plays an important role in attenuating the nitrate in the aquifer. The data from water levels, the unsaturated zone and environmental isotopes indicate that rainfall volumes lower than 20 mm/day or 100 mm/month are not able to recharge the aquifer. Data from $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ collected in both areas lie on a mixing line between the fingerprints of precipitation water (higher than 100 mm/month) and water from the public supply system, indicating the contribution of these distinct sources to the recharge of the aquifers (urban contribution of 14% for the recharge of the less urbanized area and 67% in the more urbanized area, corroborating the results of other methods). The data obtained in this study indicates that leakage of the sewage and water distribution system plays a major role in the recharge of the aquifer and groundwater quality.

Keywords: Recharge, Urban Hydrogeology; Upper Tietê Watershed, São Paulo, Stable Isotopes

Índice de Figuras

<i>Figura 3-1. Esboço geológico da Região de São Paulo (Juliani 1992).....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3-2. A Hidrogeologia da Bacia do Alto Tietê (modificado de Hirata e Nunes da Silva 1999).</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4-1. Os mecanismos de recarga em uma região (semi-)árida (Lerner 1997).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4-2. Caminhos da precipitação para recarregar a água subterrânea em áreas urbanas (adaptado de Lerner 2002).</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4-3. Rotas da água de abastecimento e esgoto para recarregar a água subterrânea em áreas urbanas (adaptado de Lerner 2002).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4-4. Vazamento de encanamento em zona urbana (Garcia-Fresca s/d).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4-5. Residência em bairro de classe média baixa de São Paulo apresentando vazamento de esgoto (notar poça em frente à porta).</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4-6. Encanamento quebrado em frente à mesma residência da foto anterior.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4-7. A mistura fracional de duas águas subterrâneas quantificada com base nos conteúdos isotópicos mostrados e a fração da água subterrânea “A” na mistura “A-B” (Clark & Fritz, 1997).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5-1. Localização da área de estudo da Cidade Universitária da USP (em vermelho, detalhada na Figura 5-2) e o contorno do contato do embasamento com os sedimentos na Cidade Universitária da USP (amarelo, baseado e, Iritani 1993).</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5-2. Esquema da localização dos poços de monitoramento na Raia Olímpica e no CRUSP.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5-3. Mapa com o contorno da bacia estudada na Vila Eutália.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5-4. Mapa com a localização dos poços perfurados na Vila Eutália</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5-5. Sistema de coleta de águas subterrâneas utilizado.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 5-6. Coletor de chuva.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5-7. Parte superior de tensiômetros com tampa para preenchimento com água destilada.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5-8. Parte inferior do tensiômetro com cápsula de porcelana.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5-9. Perfuração para instalação de tensiômetro com trado helicoidal de 1”.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5-10. Instalação do tensiômetro.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5-11. Tensiômetros instalados na Raia Olímpica (indicados pela seta, próximo ao P3R).....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 6-1. Seção Geológica da Área da Raia Olímpica da USP.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 6-2. Topografia da Área da Raia Olímpica da USP, indicando a posição aproximada das principais feições da área.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 6-3. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Cidade Universitária com o tempo.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 6-4. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Cidade Universitária com o tempo e chuva diária.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 6-5. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica no período seco.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 6-6. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica no período úmido.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 6-7. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica com novos poços.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 6-8. Resultado do monitoramento dos poços instalados nas extremidades da Raia Olímpica da USP.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 6-9. Resultado do monitoramento dos tensiômetros da Raia Olímpica da USP.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 6-10. Seção Geológica da Área da Vila Eutáli.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6-11. Mapa topográfico da Área da Vila Eutália.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6-12. Gráfico de precipitação acumulada por mês em mm para a região de Aricanduva (dados do CGE-SIURB).</i>	<i>65</i>

Figura 6-13. Gráfico de precipitação acumulada por mês em mm para a região da Penha (dados do CGE-SIURB).	65
Figura 6-14. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Vila Eutália com o tempo.....	66
Figura 6-15. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Vila Eutália com o tempo e chuva diária.....	67
Figura 6-16. Mapa potenciométrico da região da Vila Eutália no período seco (as setas indicam a direção do fluxo).....	70
Figura 6-17. Mapa potenciométrico da região da Vila Eutália no período úmido (as setas indicam a direção do fluxo).....	71
Figura 6-18. Gráfico de variação do nível da água com o tempo dos poços P4V-7.5 e P4V-15, na Vila Eutália.....	72
Figura 6-19. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Cidade Universitária da USP. Nível 1 refere-se aos poços instalados a 4,5 m; Nível 2, a 7,5 m e Nível 3, a 13,5 m.....	77
Figura 6-20. Mapas de isoconcentrações de Cl no período de seca.....	82
Figura 6-21. Mapas de isoconcentrações de Cl no período úmido.	83
Figura 6-22. Mapas de isoconcentrações de NH_4^+ no período de seca.	84
Figura 6-23. Mapas de isoconcentrações de NH_4^+ no período úmido.	85
Figura 6-24. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Vila Eutália.	88
Figura 6-25. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Vila Eutália, destacando os poços com nível mais alto de contaminação.	89
Figura 6-26. Mapas de isoconcentrações de Cl no período de seca.....	93
Figura 6-27. Mapas de isoconcentrações de Cl no período úmido.....	94
Figura 6-28. Mapas de isoconcentrações de NO_3^- no período de seca.....	95
Figura 6-29. Mapas de isoconcentrações de NO_3^- no período úmido.	96
Figura 6-30. Perfis e localização dos perfis com concentrações de NO_3^- e H_2CO_3^- em mg/L para o período de seca na área da Vila Eutália. As setas indicam a tendência de aumento das concentrações.....	98
Figura 6-31. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ X $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- e as diferentes fontes possíveis de contaminação por NO_3^- . (Clark & Fritz, 1997).	99
Figura 6-32. Concentrações de NO_3^- e H_2CO_3^- em mg/L e $\delta^{15}\text{N}$ para o período de seca na área da Vila Eutália.....	100
Figura 6-33. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália.....	101
Figura 6-34. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ X concentração de N- NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália.....	101
Figura 6-35. Valores mensais de precipitação e de $\delta^{18}\text{O}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP.	102
Figura 6-36. Valores mensais de precipitação e de $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP.	102
Figura 6-37. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta meteórica local para a Cidade Universitária da USP (LMWL), reta meteórica global (GMWL, Craig 1961) e médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm).....	104
Figura 6-38. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta meteórica local para a Cidade Universitária da USP, reta meteórica global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e médias para os poços instalados na Cidade Universitária.	105
Figura 6-39. Valores mensais de precipitação e de $\delta^{18}\text{O}$ na água da chuva da Vila Eutália.....	106
Figura 6-40. Valores mensais de precipitação e de $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Vila Eutália.	106

Figura 6-41. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Vila Eutália, reta meteórica local para a Vila Eutália (LMWL), reta meteórica global (GMWL, Craig 1961) e médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm).	108
Figura 6-42. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Vila Eutália, reta meteórica local para a Vila Eutália, reta meteórica global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e médias para os poços instalados na Vila Eutália.	109
Figura 6-43. Cálculo do Δh no gráfico de variação dos níveis.	110
Figura 6-44. Saída do programa de Pinto et al. (s/d), que calcula a recarga potencial baseando-se no cálculo da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite (1955).	114
Figura 6-45. Valores médios de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água subterrânea da Cidade Universitária da USP, para cada poço e relação na linha de mistura entre a assinatura da água de chuva (média ponderada para eventos maiores que 100 mm e da companhia de abastecimento).	115
Figura 6-46. Cálculo do Δh no gráfico de variação dos níveis.	116
Figura 6-47. Output do programa de Pinto et al. (s/d), que calcula a recarga potencial baseando-se no cálculo da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite (1955).	119
Figura 6-48. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água subterrânea da Vila Eutália, para cada poço.	120
Figura 7-1. Valores de recarga obtidos para a área da Cidade Universitária (não urbanizada) e da Vila Eutália (urbanizada), plotados em gráfico de Lawrence et al. (1998).	125

Índice de Tabelas

<i>Tabela 4-1. Fatores que influenciam na escolha do período para a estimativa de recarga (Lerner 1987 apud Lerner et al. 1990).</i>	14
<i>Tabela 4-2. Sumário do impacto dos principais processos de urbanização na infiltração subsuperficial de água (adaptada de Lawrence et al. 1998).</i>	19
<i>Tabela 4-3. Passos na estimativa preliminar de recarga urbana a partir de valores de recarga natural (Lerner et al. 1990).</i>	20
<i>Tabela 4-4. Principais fontes potenciais de solutos para água subterrânea (Modificado de Lerner, 2002).</i>	24
<i>Tabela 5-1. Dificuldades encontradas.</i>	34
<i>Tabela 5-2. Características gerais das perfurações na área da Raia Olímpica.</i>	37
<i>Tabela 5-3. Características gerais das perfurações entre o bloco A do CRUSP e a Av. Prof. Mello Moraes.</i>	38
<i>Tabela 6-1. Resultados dos Slug tests para os poços da Cidade Universitária.</i>	54
<i>Tabela 6-2. Características hidráulicas dos níveis monitorados na Cidade Universitária.</i>	54
<i>Tabela 6-3. Cadastro de tubulações e registros de parada na Vila Eutália.</i>	68
<i>Tabela 6-4. Resultados dos Slug tests para os poços da Vila Eutália.</i>	69
<i>Tabela 6-5. Características hidráulicas dos níveis monitorados na Vila Eutália.</i>	69
<i>Tabela 6-6. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de chuva.</i>	75
<i>Tabela 6-7. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de água da companhia de abastecimento.</i>	76
<i>Tabela 6-8. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de esgoto da ETE Barueri (dados cedidos pela SABESP).</i>	76
<i>Tabela 6-9. Valores médios dos parâmetros indicadores nas amostras dos poços de monitoramento da Cidade Universitária da USP.</i>	78
<i>Tabela 6-10. Valores de COD nos poços de monitoramento da Cidade Universitária da USP.</i>	80
<i>Tabela 6-11. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de chuva.</i>	86
<i>Tabela 6-12. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de água da companhia de abastecimento na Vila Eutália.</i>	86
<i>Tabela 6-13. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de esgoto da ETE Parque Novo Mundo (dados cedidos pela SABESP).</i>	87
<i>Tabela 6-14. Valores médios dos parâmetros indicadores nas amostras dos poços de monitoramento da Vila Eutália.</i>	90
<i>Tabela 6-15. Valores de COD nos poços de monitoramento da Vila Eutália.</i>	91
<i>Tabela 6-16. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália. As concentrações de N-NO_3^- e DOC (carbono orgânico dissolvido) também estão tabeladas.</i>	99
<i>Tabela 6-17. Vazão específica em % (Modificado de Johnson, 1967 apud Fetter, 2001).</i>	111
<i>Tabela 6-18. Cálculo de recarga utilizando-se da variação dos níveis potenciométricos.</i>	111
<i>Tabela 6-19. Valores utilizados para o cálculo por aproximações darcynianas e resultados de recarga obtidos.</i>	112
<i>Tabela 6-20. Umidade do solo ($\text{mmH}_2\text{O}/\text{m}$ de solo) (Modificado de CETESB, 1985).</i>	114
<i>Tabela 6-21. Resultados do cálculo de contribuição antrópica e natural na recarga da água subterrânea na USP.</i>	115
<i>Tabela 6-22. Cálculo de recarga utilizando-se da variação dos níveis potenciométricos.</i>	116
<i>Tabela 6-23. Valores utilizados para o cálculo por aproximações darcynianas e resultados de recarga obtidos.</i>	117

<i>Tabela 6-24. Resultados do cálculo de contribuição antrópica e natural na recarga da água subterrânea na Vila Eutália.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 7-1. Resultados de recarga obtidos para ambas as áreas.</i>	<i>123</i>

Índice de Anexos

Anexo 1. Perfis Geológicos – USP.....	133
Anexo 2. Perfis Geológicos – Vila Eutália.....	137
Anexo 3. Dados Químicos – USP.....	143
Anexo 4. Dados Químicos – Vila Eutália.....	147
Anexo 5. Resultados do Monitoramento dos Poços – USP.....	152
Anexo 6. Resultados do Monitoramento dos Poços – Vila Eutália.....	162
Anexo 7. Química da água de chuva – USP.....	178
Anexo 8. Química da água de abastecimento – SABESP – USP.....	180
Anexo 9. Química da água de esgoto – USP.....	182
Anexo 10. Química da água de chuva – Vila Eutália.....	184
Anexo 11. Química da água de abastecimento – SABESP – Vila Eutália.....	186
Anexo 12. Química da água de esgoto – Vila Eutália.....	188
Anexo 13. Perfis HCO_3^- x NO_3^- - Vila Eutália.....	190
Anexo 14. Dados isotópicos – USP.....	193
Anexo 15. Dados isotópicos – Vila Eutália.....	205

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. A BACIA DO ALTO TIETÊ.....	5
3.1. A HIDROGEOLOGIA DA BACIA DO ALTO TIETÊ	6
3.1.1. <i>Geologia da Bacia do Alto Tietê</i>	6
a) Arcabouço Regional	6
b) Sistema Aquífero Cristalino (SAC)	7
c) Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)	8
3.1.2. <i>As águas subterrâneas na Bacia do Alto Tietê</i>	9
a) Sistema Aquífero Cristalino (SAC)	10
b) Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1. RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	13
4.2. RECARGA EM ÁREAS URBANIZADAS	16
4.3. ESTIMATIVA DE RECARGA EM ÁREAS URBANIZADAS.....	20
4.3.1. <i>Identificação da recarga</i>	21
a) Métodos Baseados na Hidráulica do Aquífero	21
b) Método Baseado em Assinatura Química	23
c) Métodos Baseados em Técnicas Isotópicas	25
d) Outras técnicas	28
e) Utilização de técnicas combinadas.....	28
4.3.2. <i>Quantificação da recarga</i>	29
a) Recarga natural	30
b) Recarga por vazamentos da rede de água e esgoto.....	30
c) Abordagens holísticas	31
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
5.1. ESCOLHA DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS.....	32
5.1.1. <i>Área Não-Urbanizada</i>	32
5.1.2. <i>Área Urbanizada</i>	33
5.1.3. <i>Sondagem para amostragem de solo</i>	36
a) Cidade Universitária	36
b) Vila Eutália.....	36
5.2. CONFECÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	36
5.2.1. <i>Cidade Universitária</i>	37
5.2.2. <i>Vila Eutália</i>	38
5.3. CADASTRO DE TUBULAÇÕES E REGISTROS DE PARADA NO BAIRRO DA VILA EUTÁLIA	39
5.4. REALIZAÇÃO DE SLUG TESTS NOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	39
5.5. MONITORAMENTO DOS POÇOS	40
5.6. AMOSTRAGEM DE ÁGUA DOS POÇOS DE MONITORAMENTO	40
5.7. AMOSTRAGEM DE ÁGUA DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO.....	43
5.8. AMOSTRAGEM DE ÁGUA DE CHUVA.....	43
5.9. ANÁLISES DE AMOSTRAS DE ESGOTO	44
5.10. MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO	45

5.11.	INSTALAÇÃO DE TENSÍÔMETROS NA RAIA OLÍMPICA	45
5.12.	COLETA E PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE ISÓTOPOS DE N EM NO_3^-	47
5.13.	COLETA E PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (DOC)	49
6.	RESULTADOS	50
6.1.	MODELO CONCEITUAL HIDROGEOLÓGICO	50
6.1.1.	<i>USP</i>	50
a)	Situação Geológica da Cidade Universitária da USP	50
b)	Descrição da Precipitação na Área	51
c)	Monitoramento dos poços	51
d)	Modelo Conceitual de Fluxo	54
e)	Monitoramento da zona não saturada	60
6.1.2.	<i>Vila Eutália</i>	62
a)	Situação Geológica da Vila Eutália	62
b)	Descrição da Precipitação na Área	65
c)	Monitoramento dos poços	66
d)	Modelo Conceitual de Fluxo	67
6.2.	MODELO CONCEITUAL HIDROQUÍMICO	74
6.2.1.	<i>USP</i>	75
6.2.2.	<i>Vila Eutália</i>	86
a)	Verificação de evidências de desnitrificação – utilização de isótopos estáveis de N e O em NO_3^-	97
6.3.	RESULTADOS DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE ^{18}O E ^2H EM ÁGUA	102
6.3.1.	<i>USP</i>	102
6.3.2.	<i>Vila Eutália</i>	106
6.4.	CÁLCULO DE RECARGA	109
6.4.1.	<i>USP</i>	109
a)	Flutuações dos Níveis Potenciométricos	109
b)	Aproximações Darcynianas	112
c)	Balanço Hídrico	113
d)	Isótopos estáveis	114
6.4.2.	<i>Vila Eutália</i>	116
a)	Flutuações dos Níveis Potenciométricos	116
b)	Aproximações Darcynianas	117
c)	Balanço Hídrico	118
d)	Isótopos estáveis	119
7.	DISCUSSÕES	121
7.1.	CONTRIBUIÇÃO URBANA NA QUANTIDADE DE RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	121
7.2.	CONTRIBUIÇÃO URBANA NA QUALIDADE DE RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	125
8.	CONCLUSÕES	127
9.	RECOMENDAÇÕES	128
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A importância da água subterrânea no abastecimento da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT) tem crescido significativamente. Os contornos da BAT correspondem aproximadamente aos da Região Metropolitana de São Paulo, área densamente urbanizada e onde vivem cerca de 20 milhões de pessoas. Nesta área, diversas indústrias e condomínios têm usado a água subterrânea como um meio complementar ou, freqüentemente, exclusivo de suprimento de água.

Cerca de 7.000 poços tubulares encontram-se em operação (de um total de mais de 10.000 poços perfurados - dados de 2000), extraindo um volume estimado de 7,9 m³/s (249 Mm³/a) dos sistemas aquíferos (Hirata *et al.* 2002). Tal volume representa 13% do total de água distribuída pelas companhias de abastecimento público, o que poderia suprir cerca de 3,5 milhões de pessoas (consumo de 200 L/hab/dia). Além disso, estima-se que se os usuários deste recurso voltassem a consumir água do sistema de abastecimento público, de água superficial, este sistema entraria em colapso (comunicação verbal, Prof. Dr. Ricardo Hirata).

Apesar da importância que representam, pouco se sabe sobre a qualidade e a quantidade de água que recarrega os sistemas aquíferos. A avaliação da recarga dos aquíferos da BAT é uma das prioridades do Plano de Recursos Hídricos (Comitê da Bacia do Alto Tietê 2002) e somente este conhecimento, aliado à avaliação da exploração real, permitirá que sejam estabelecidos valores de extrações máximas, num cenário sustentável.

Em áreas urbanas, a interferência antrópica (presença de áreas cobertas, impermeabilização de terreno, tubulações subterrâneas) provoca mudanças nos padrões de recarga natural dos sistemas aquíferos. Sendo assim, o mecanismo de recarga está em grande parte associado às perdas das redes de água e esgoto e de drenagens pluviais (Foster *et al.* 1999; Lerner 2002). A quantificação da contribuição deste tipo de recarga é, portanto, muito importante.

Poucos são os trabalhos científicos que quantificam a recarga em áreas urbanas (Lerner 2002), sobretudo identificando suas origens. No Brasil, trabalhos deste tipo são praticamente inexistentes.

Este Doutorado Direto foi realizado no contexto do projeto de pesquisa “Os impactos da urbanização nas águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, São Paulo”, que é fruto da colaboração internacional entre pesquisadores do Instituto de Geociências da USP e do Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE, Aix en Provence). Além disso, envolveu a colaboração de pesquisadores da University of Waterloo, Canadá, sob financiamento da CAPES e FAPESP, através de bolsas de estágio de doutorando no exterior.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste doutorado são os seguintes:

1. Estimar a recarga dos aquíferos na BAT em duas áreas com diferentes tipos de ocupação urbana (uma área com alta e outra com baixa densidade de residências), utilizando-se de diversos métodos, entre eles: hidráulicos da zona saturada (variação piezométrica do aquífero; balanço hídrico; medição de fluxo pela lei de Darcy); hidroquímicos (íons maiores, menores e traços); geoquímico isotópico (utilizando isótopos estáveis e comparação química da água); e hidráulica da zona não saturada.
2. Determinar a origem da água de recarga (perda das redes de água e de esgoto e infiltração natural da chuva), definindo a proporção da contribuição de cada um destes processos na recarga real, utilizando técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas.

3. A BACIA DO ALTO TIETÊ

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT) está localizada na região sudeste do Estado de São Paulo e corresponde à área drenada pelo rio Tietê, desde sua nascente em Salesópolis, até a Barragem de Rasgão. A Bacia possui área de 5.650 km² (Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, s/d), que corresponde aproximadamente ao contorno da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), possuindo, portanto, grande superfície urbanizada, englobando 36 municípios (Arujá, Barueri, Biritiba Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapeverica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo, Suzano, Taboão da Serra, Juquitiba e São Lourenço da Serra). A BAT é considerada uma das bacias mais complexas do país no que se refere à gestão ambiental, principalmente devido às profundas alterações causadas aos seus rios por diversas obras hidráulicas e pelas transformações sofridas devido à urbanização, principalmente durante o último século (Rede das Águas, s/d).

Cerca de 37% do território da Bacia é o correspondente à mancha urbana e, apesar da grande diminuição nas taxas de crescimento populacional, não há indícios de contenção da sua expansão em área. A população de baixa renda se afasta cada vez mais dos centros, instalando-se na periferia das cidades, o que agrava a degradação ambiental, principalmente em áreas de proteção de mananciais e áreas de várzeas.

As alterações nos regimes hidrológicos e hidráulicos e a poluição dos rios, somadas ao fato da Região Metropolitana de São Paulo ser uma das áreas de maior adensamento urbano do mundo, com uma população em torno de 17,8 milhões de habitantes, com previsão de atingir 20 milhões em 2010, resultam em uma baixa disponibilidade de água por pessoa, com índices comparáveis às áreas mais secas do Nordeste Brasileiro. Apesar de apresentar índices pluviométricos na faixa de 1.400 mm/a e de São Paulo ter sido conhecida como a "terra da garoa", a baixa disponibilidade hídrica ocorre também por estar localizada numa região de cabeceiras (Rede das Águas s/d).

O abastecimento público de água na Bacia do Alto Tietê, a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 6, é feito principalmente por captações superficiais em grandes reservatórios e, secundariamente, por captações de água subterrânea. Os sistemas de abastecimento por água superficial são: Sistema Cantareira, Sistema Baixo Cotia, Sistema Alto Cotia, Sistema Guarapiranga (segundo maior sistema produtor), Sistema Rio Grande, Sistema Ribeirão da Estiva, Sistema Rio Claro, Sistema Alto Tietê.

Além desses sistemas já existentes, está sendo estudada a possibilidade de reversão das águas de outras bacias para o abastecimento da Grande São Paulo, como por exemplo, os sistemas Itatinga-Itapanhau, Jaguari e Juquiá, o que tem gerado conflito de interesses.

Aproximadamente 33 m³/s do volume total de 65 m³/s de água produzidos pela companhia de abastecimento público SABESP vêm da bacia vizinha, a Bacia do Piracicaba, do Sistema Cantareira, o que faz com que os preços de produção sejam consideravelmente altos. O preço cobrado pela companhia de abastecimento de água torna possível que a construção de um poço de cerca de 200 metros seja amortizada em cerca de 5 a 7 meses (assumindo um consumo por pessoa de cerca de 5 m³/h). Como resultado, diversas indústrias e condomínios residenciais têm utilizado a água subterrânea como fonte complementar e frequentemente exclusivo de abastecimento de água.

3.1. A Hidrogeologia da Bacia do Alto Tietê

Os sedimentos da Bacia de São Paulo, assentados discordantemente sobre o substrato cristalino, constituem dois grandes sistemas aquíferos distintos que compõem a unidade hidrológica da Bacia do Alto Tietê – BAT. Hirata & Ferreira (2001) subdividiram estes dois sistemas aquíferos (cristalino e sedimentar) em outras quatro unidades, conforme descrito a seguir. Tais sistemas, até então, eram agrupados simplesmente como aquíferos Cristalino e Sedimentar (DAEE 1975).

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) é formado pelos granitos e rochas metamórficas relacionados ao Complexo Embu e aos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba. As unidades constituintes do SAC seriam o Aquífero de Rochas Metassedimentares e o Aquífero de Rochas Granitóides (Hirata & Ferreira 2001).

O Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) é formado pelos sedimentos do Grupo Taubaté, pela Formação Itaquaquecetuba e pelos depósitos neoceno-zóicos. Associados ao SAS estão o Aquífero Resende e o Aquífero São Paulo (Hirata & Ferreira 2001). As formações neoceno-zóicas não definem unidades aquíferas distintas, devido à sua pequena extensão em área.

3.1.1. Geologia da Bacia do Alto Tietê

a) Arcabouço Regional

A origem da Bacia de São Paulo está indiscutivelmente ligada a eventos tectônicos. A reativação de antigas zonas de falhamento provocou o abatimento do assoalho e conseqüente represamento da sua drenagem, à montante de Barueri. Desta maneira, iniciou-se a deposição de material arenoso e argilo-siltoso que constituem os principais sedimentos desta Bacia. Enquanto durou o processo de barragem tectônica dos rios, os sedimentos avolumaram-se, devendo ter atingido perto de 300 m de espessura (Ab'Saber 1968 *apud* DAEE 1975).

Cessada a sedimentação na Bacia de São Paulo, os rios Tietê e Pinheiros retomam seu curso rumo oeste-noroeste. A nova situação topográfica que se apresentou permitiu a esses rios entalharem os próprios sedimentos e condicionou o rio Tietê a vencer a soleira granítica de Barueri, penetrando na região de domínio das serranias de São Roque.

A Bacia de São Paulo é uma das unidades integrantes do Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB (Riccomini 1989), que engloba mais outros nove embaciamentos, alojados numa faixa estreita e deprimida, de orientação geral ENE, entre as cidades de Curitiba (PR) e Barra de São João (RJ), com cerca de 900 km de extensão (Riccomini & Coimbra 1992).

b) Sistema Aquífero Cristalino (SAC)

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) afloram basicamente duas unidades geológicas do embasamento (Juliani 1992), que encontram-se separadas pelas falhas de Taxaquara (Hennies *et al.* 1967) e do Rio Jaguari (Cavalcante & Kaefer 1974), além de rochas granitóides intrusivas. Tais unidades encontram-se intensamente cortadas por zonas de cisalhamento e falhas menores (Figura 3-1, Juliani 1992).

Figura 3-1. Esboço geológico da Região de São Paulo (Juliani 1992).

A sul destas falhas encontra-se o Complexo Embu (Hasui & Sadowski 1976), compondo o Grupo Açungui junto ao Complexo Pilar. Esta é a principal unidade na qual se assenta a Bacia de São Paulo (Juliani 1992).

O Complexo Embu compõe-se de três unidades (Juliani 1992):

- Unidade Redenção da Serra: granada-sillimanita-biotita gnaisses, e biotita gnaisses tonalíticos a granodioríticos, intercalado com anfibolitos, rochas cálcio-silicáticas, quartzitos, quartzitos cálcio-silicáticos e possíveis gonditos.
- Unidade Rio Paraibuna: mesmos tipos petrográficos da unidade redenção da Serra.
- Unidade Rio Una: xistos, ora mais micáceos, quartzosos ou feldspáticos, ou quartzitos, quartzitos cálcio-silicáticos e mais raramente rochas cálcio-silicáticas.

Segundo Juliani (1992), a norte das falhas estão principalmente as rochas metassedimentares e metavulcano-sedimentares dos Grupos São Roque (*sensu strictu*) e Serra do Itaberaba (Juliani *et al.* 1986).

O Grupo Serra do Itaberaba constitui-se essencialmente por seqüência metavulcano-sedimentar recoberta por seqüência clasto-química e um conjunto clástico.

O Grupo São Roque compreende metarcóseos, quartzitos, filitos laminados e bandados, mármore, calcários e dolomitos, e anfibolitos (estes geralmente na porção basal).

Nas proximidades da RMSP ainda afloram rochas dos grupos Paraíba do Sul, Itapira e Amparo, com pequenos corpos de sedimentos cenozóicos superpostos, possivelmente correlatos aos da Bacia de São Paulo (Penalva 1971 *apud* Juliani 1992).

Ainda ocorrem corpos granitóides, desde batólitos a pequenos stocks, aflorando nas proximidades da Bacia de São Paulo (Juliani 1992).

c) Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)

A porção que corresponde ao Aquífero Sedimentar compreende os sedimentos das formações Resende, Tremembé e São Paulo, reunidas no Grupo Taubaté, recobertos discordantemente pela Formação Itaquaquetuba (Riccomini 1989).

A Formação Resende representa cerca de 80% do preenchimento da Bacia de São Paulo (Riccomini & Coimbra 1992), sendo composta por depósitos de leques aluviais gradando para depósitos relacionados à planície aluvial de rios entrelaçados. Na Bacia de São Paulo, a Formação Resende compreende duas litofácies principais (Riccomini *et al.* 1992): a primeira, de leques aluviais proximais, inclui diamictitos e conglomerados com seixos, matacões e blocos angulosos a subarredondados, polimíticos, em matriz essencialmente lamítica a arenosa, de coloração esverdeada, quando não alterada; e uma segunda litofácies, composta por lamitos e arenitos com estratificação cruzada acanalada de médio porte e níveis conglomeráticos com seixos de quartzo e quartzito e localmente feldspato e seixos de rochas do embasamento.

A Formação Tremembé compreende camadas tabulares de argila verde maciça, intercaladas com argilas cinza-escuro a preta, ricas em matéria orgânica, ambas de espessura decimétrica, expostas durante a escavação da Estação Barra Funda do Metrô na Cidade de São Paulo (IPT 1986 *apud* Riccomini *et al.* 1992; Melo *et al.* 1986). Tem espessura total maior que 60 m.

A Formação São Paulo corresponde a depósitos de sistema fluvial meandrante, constituindo-se por duas litofácies principais (Riccomini 1989; Riccomini & Coimbra 1992): a primeira, constituída por arenitos grossos, conglomeráticos, com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos; a segunda litofácies é constituída por arenitos de granulação média a grossa, com granodecrescência ascendente para sedimentos arenosos progressivamente mais finos, até siltitos e argilitos, com caráter rítmico, estratificações plano-paralelas horizontais.

A Formação Itaquaquecetuba (Coimbra *et al.* 1983 apud Riccomini *et al.* 1992) corresponde a depósitos de sistema fluvial entrelaçado que ocorrem sob os aluviões holocênicos dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Segundo Riccomini (1989), engloba cinco litofácies principais: a primeira, arenitos com estratificação cruzada acanalada e tabular de grande porte, médios a grossos, arcoseanos, mal selecionados, com níveis basais de conglomerado com seixos de quartzo e quartzito bem arredondados; a segunda compreende conglomerados clasto-suportados, com seixos arredondados e polidos de quartzo e quartzito com pouca matriz; a terceira, arenitos de granulação média a fina, mal selecionados, com estruturas *pillow*; a quarta corresponde a lamitos maciços, siltico-arenosos, de cor verde pálida, ocasionalmente com seixos de quartzo e quartzito bem arredondados na matriz, e está associada aos arenitos com estrutura *pillow*; a quinta, de blocos subangulosos, até métricos, de rochas do embasamento, megaclastos tabulares e pedaços de troncos vegetais fósseis carbonificados.

As coberturas neocenoicas correspondem essencialmente a coluviões e aluviões de pequena espessura e distribuição restrita (Riccomini *et al.* 1992).

Segundo Melo *et al.* (1987 apud Riccomini *et al.* 1992), os depósitos pleistocênicos compreendem essencialmente colúvios argilo-arenosos, com lentes mais argilosas ou conglomeráticas, ocasionalmente exibindo madeira fóssil, e aluviões subordinados constituídos por conglomerados basais sobrepostos por areias grossas a conglomeráticas com estratificações cruzadas, gradando para areias finas a médias, com porções de argilas arenosas, podendo ocorrer também fragmentos de madeira fóssil nesses dois últimos pacotes.

Os depósitos holocênicos são representados por coluviões e aluviões em várzeas e baixos terraços, com espessuras geralmente menores de 10 m. Ocorrem cascalheiras com seixos arredondados de quartzo e quartzito (stone lines) separando estes depósitos coluviais de rochas do embasamento ou sedimentos terciários.

3.1.2. As águas subterrâneas na Bacia do Alto Tietê

A recarga dos sistemas aquíferos da Bacia do Alto Tietê se dá pelo mecanismo natural, que corresponde a águas provenientes da precipitação que infiltram e atingem o aquífero; e o induzido, representado por águas provenientes das fugas da rede de água e esgoto e dos drenos pluviais. A abundante interferência antrópica prejudica a análise do regime hidrológico do Alto Tietê (Rocha *et al.* 1989). Deste modo, o DAEE (1975) estudou uma área de 1.460 km²,

a montante de Itaquaquetuba, entre 1964 e 1975, para efetuar um balanço aproximando ao máximo às condições naturais da bacia. Os dados obtidos foram (DAEE 1975):

- pluviometria média: 1.520 mm/ano, com variabilidade de 20%;
- evapotranspiração real média: 940 mm/ano, com variabilidade de 20%;
- descarga média: 840 Mm³/ano (575 mm/ano), distribuídas em escoamento de base de 520 Mm³/ano e escoamento superficial de 320 Mm³/ano.

Com isso, Rocha *et al.* (1989) definiram uma recarga garantida de 0,36 Mm³/ano proveniente do aquífero de rochas cristalinas alteradas, o que representaria transferência de 1.500 Mm³/ano para os depósitos sedimentares e sua descarga junto aos rios. Segundo os mesmos autores, a recarga do SAS se daria a partir da área de afloramento do embasamento cristalino alterado, não considerando a recarga da área de sedimentos da bacia e a recarga induzida do sistema, que seria cerca de 15 m³/s ou 473 Mm³/ano, sendo 1.973 Mm³/ano para toda a BAT (ano 2000).

A Cidade Universitária da USP, campus da capital foi estudada por Iritani (1993), que caracterizou o potencial hídrico do aquífero sedimentar, unidade predominante na área, que se espessa na sua porção norte. Esta unidade apresenta fluxo da água subterrânea em sentido ao rio Pinheiros, e comportamento com tendência ao semi-confinamento, com valores de transmissividade entre 1×10^{-4} e 1×10^{-3} m²/s e de condutividade hidráulica entre 1×10^{-6} e 1×10^{-4} m/s. O coeficiente de armazenamento da unidade é menor a maiores profundidades, variando entre 1×10^{-4} e 1×10^{-1} . Cálculo de campo mostrou que a reserva permanente é da ordem de 11 Mm³, e a reserva reguladora é maior que 0,9 Mm³/ano, que é duas vezes superior ao volume produzido pelos poços produtores no aquífero sedimentar (Iritani 1993). Iritani (1993) estabeleceu um valor de recarga para a Cidade Universitária de 250 mm/ano, utilizando a “estimativa baseada na lei de Darcy”. Marcelino (1999) também estudou a Cidade Universitária, com o uso de modelamento, e obteve calibração satisfatória baseando-se nos valores de recarga calculados por Iritani (1993) e Menegasse-Velázquez (1996).

Menegasse-Velázquez (1996) determinou, para uma área residencial de classe média, um valor de recarga de 60 mm/ano, utilizando o método de variação do nível da água. Para estimativas de recargas em áreas urbanas, entretanto, este método não é o mais indicado, pois pressupõe que haja apenas recarga sazonal e, neste caso, há uma componente importante contínua, que são as perdas da rede de água e esgoto.

a) Sistema Aquífero Cristalino (SAC)

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) apresenta características produtivas diferenciadas segundo o tipo de litologia dos aquíferos. Hirata & Ferreira (2001) distinguiram duas unidades, aquela associada às rochas granitóides e filitos (Aquífero de Rochas Granitóide), com capacidade específica (Q/s) média de 0,20 m³/h/m e aquela associada às rochas metamórficas, com Q/s de 1,35 m³/h/m (Aquífero de Rochas Metamórficas). DAEE (1975), analisando

indistintamente ambos os aquíferos, obteve transmissividades entre 0,4 e 14 m²/dia (valores indicativos, testes de bombeamento analisados segundo Cooper-Jacob). Sabesp-Cepas (1994) estabeleceram para o SAC uma porosidade eficaz (Sy) de 3%.

As características hidráulicas da porção intemperizada do SAC foram estudadas por Rebouças (1992), que mostra que a condutividade hidráulica é função do nível do perfil de alteração da rocha e variam de muito baixas (1×10^{-6} a 1×10^{-7} m/s), no terço superior do perfil de alteração, a muito alta (1×10^{-3} a 1×10^{-4} m/s) na zona de transição entre a rocha relativamente alterada e a rocha sã.

b) Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)

O Sistema Aquífero Sedimentar, embora recobrindo apenas 25% da área da Bacia do Alto Tietê, é o mais intensamente explorado (CETESB 2004). Hirata & Ferreira (2001) identificaram no SAS duas novas unidades: uma associada à Formação São Paulo, com Q/s médio de 0,48 m³/h/m e outra à Formação Resende, mais produtiva, com Q/s médio de 0,91 m³/h/m. Sabesp-Cepas (1994) atribuem para o SAS uma porosidade eficaz (Sy) média de 6%, e DAEE (1975) valores de transmissividade médios de 50 m²/dia, variando de 15 a 70 m²/dia. As formações neocenozóicas, Tremembé e Itaquaquecetuba, não definem unidades aquíferas devido a sua pequena expressão em área.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Recarga de Água Subterrânea

O conceito de recarga de águas subterrâneas pode ser, a princípio, confundido com o conceito de infiltração. A infiltração é a água que percola da superfície para a zona não saturada. A recarga é, porém, uma porção desta infiltração, aquela que realmente atinge o nível da água (Rushton & Ward 1979 apud Neil Ketchum Jr. *et al.* 2000).

Nem toda água que infiltra se transforma em recarga. A água que infiltra pode ser interceptada por horizontes de baixa condutividade e desaparecer como interfluxo, indo para depressões locais próximas, onde escoar e evapora ao invés de juntar-se ao sistema de água subterrânea regional (de Vries & Simmers 2002).

Deste modo, a recarga pode ser definida generalizadamente como a água que atinge o aquífero a partir de qualquer direção, seja ela de baixo, de cima, ou lateralmente (Lerner 1997). A água de recarga pode ser proveniente de chuva, águas superficiais ou mesmo de um outro aquífero (Custódio 1998).

Quando a água que infiltra atinge a franja capilar, ela desloca o ar nos poros e causa o aumento do nível da água. A franja capilar também se eleva e a água de recarga mais recente é encontrada no topo da franja capilar (Fetter 2001).

O processo de recarga, porém, é mais complicado do que possa parecer. Um dos fatores mais importantes é a diferença entre o tempo da entrada da água na zona saturada e a manifestação desta água como uma fonte de água efetivamente explotável (Balek 1987). Isto se deve ao fato de que a água que atinge o aquífero pode ser extraída subsequente por evapotranspiração (de Vries & Simmers 2002). Fetter (2001) afirma que o tempo de movimentação da água infiltrante é função da espessura da zona não saturada e da condutividade hidráulica não saturada vertical e pode ser desde poucas horas em regiões úmidas, solos muito grossos e nível da água raso até alguns anos em regiões áridas e níveis da água profundos.

A escala temporal é, portanto, uma condição crucial na interpretação da recarga da água subterrânea. Dependendo da escala utilizada, pode-se determinar se certo sistema local é considerado como parte da recuperação do reservatório em longo prazo (de Vries & Simmers 2002). Os principais tipos de recarga com relação ao tempo são (Balek 1987):

- *Recarga de curto-prazo*: ocorre após um evento torrencial, principalmente em regiões onde não há estações seca e úmida bem marcadas;
- *Recarga sazonal*: ocorre regularmente, na estação úmida em regiões secas e úmidas e no início do derretimento da neve nas regiões temperadas;
- *Recarga perene*: pode ocorrer em partes dos trópicos úmidos, onde há fluxo descendente de água praticamente constante;

- *Recarga histórica*: ocorreu há muito tempo, contribuindo para a formação dos recursos hídricos subterrâneos atuais. O conceito é basicamente o do tempo de residência das águas subterrâneas, sendo que o maior já encontrado foi descrito por Airey *et al.* (1978 *apud* Balek 1987), de 350.000 anos.

Lerner (1987 *apud* Lerner *et al.* 1990) estabeleceu quais fatores influenciariam na escolha da escala de tempo a ser utilizada na estimativa da recarga (Tabela 4-1).

Tabela 4-1. Fatores que influenciam na escolha do período para a estimativa de recarga (Lerner 1987 *apud* Lerner *et al.* 1990).

Período de tempo da média da recarga		Instantâneo	Episódico	Sazonal	Anual	Média Histórica	Tempo Geológico
Períodos usados para	Estudos Científicos						
	Estudos de Recursos Hídricos Subterrâneos						
Períodos para vários fatores num estudo de recurso	Tamanho da área estudada		Pequena			grande	
	Nível de estudo		Design			reconhecimento	
	Grau de aridez		Árido			úmido	
	Exploração do recurso		Pesada			leve	
	Quantidade de dados		Grande			pequena	

Lerner (1997) definiram conceitualmente os principais mecanismos de recarga das várias fontes possíveis, que estão ilustrados na Figura 4-1:

- *Recarga direta (ou difusa)*: água adicionada ao reservatório de água subterrânea em excesso dos déficits de umidade do solo e evapotranspiração por percolação direta vertical através da zona não saturada;
- *Recarga indireta*: percolação para o nível da água através do leito de cursos da água superficial;
- *Recarga localizada*: uma forma intermediária de recarga, resultante de concentração de água em superfície na ausência de canais bem definidos.

Vários fatores são potenciais controladores da recarga. Segundo Custódio & Llamas (1981), os fatores são os seguintes:

- *condições de superfície*: associadas ao tipo de ocupação do solo, grau de compactação do terreno e sua inclinação topográfica;
- *características do terreno*: granulometria e textura do material de cobertura e de subsuperfície; grau de desenvolvimento do perfil de solo, estruturação do terreno e presença de macroporos; e calor específico do solo, que pode alterar a temperatura do fluido, variando sua viscosidade;

- *condições ambientais*: umidade inicial do solo, que define a capilaridade e a sorção das águas iniciais da chuva;
- *características do fluido e intensidade da chuva*: espessura da lâmina da água sobre o solo e gradientes hidráulicos descendentes de infiltração, perdas pela evapotranspiração e balanço hídrico.

Figura 4-1. Os mecanismos de recarga em uma região (semi-)árida (Lerner 1997).

A estimativa de recarga, por si só, é uma tarefa bastante complicada e com erros inerentes, uma vez que não pode ser feita diretamente (Lerner *et al.* 1990). Além disso, a variabilidade espacial e temporal das condições hidrometeorológicas é uma fonte de incerteza considerável. Os trabalhos de Samper (1998) e Custódio (1998), por exemplo, ressaltam este fato e levam em conta aspectos como a calibração e determinação de incertezas como fatores cruciais na estimativa da recarga.

Para a realização de um bom cálculo de recarga, Lerner *et al.* (1990) ressaltam que devem ser levados em conta ainda os seguintes aspectos:

- *Balanço hídrico*: na realização do balanço hídrico, leva-se em conta quanta água há disponível e quanto desta pode se converter em recarga. Deste modo, pode-se saber a magnitude de uma possível superestimativa ou de uma estimativa errada;
- *Processos e mecanismos de recarga*: apenas alguns métodos diretos não se atêm ao conhecimento dos processos que convertem a fonte de água em recarga e aos mecanismos de fluxo desta água. Um bom método revelará se o modelo conceitual é incorreto;
- *Erros de estimativa*: um bom método de estimativa deveria resultar em erros pequenos. É desejável que a estimativa não seja muito sensível a parâmetros difíceis de

determinar. No método do balanço hídrico a recarga pode ser estimada como uma pequena diferença entre valores muito grandes, e com incertezas, carregando grandes erros inerentemente. Os métodos que se baseiam na descrição do fluxo na zona não saturada se apóiam em parâmetros difíceis de determinar;

- *Aplicabilidade*: os métodos que requerem muitos dados e informação bastante especializada podem não ser aplicáveis fora do âmbito dos projetos de investigação;
- *Extrapolação*: o planejamento e gestão dos recursos hídricos requerem que haja disponibilidade de dados de recarga de um período de tempo grande. Métodos que têm dados mais facilmente disponíveis são mais adequados para serem extrapolados temporalmente que os que requerem muitos dados especializados.

4.2. Recarga em Áreas Urbanizadas

A urbanização pode afetar radicalmente todo o balanço hídrico de uma área, uma vez que modifica drasticamente a paisagem natural. Em áreas urbanizadas, as fontes e caminhos da recarga da água subterrânea são mais complicados e numerosos que em áreas não urbanizadas. A impermeabilização do terreno à infiltração da água da chuva, associada a redes de drenagem artificiais, modificam o caminho da água provinda da precipitação (Figura 4-2), essencialmente aumentando o escoamento superficial, diminuindo a infiltração e a recarga direta.

Acreditava-se que a impermeabilização do terreno fosse o principal fator modificador da recarga total, diminuindo-a. Tal crença pode parecer óbvia, até mesmo para os leigos. Sabe-se hoje, porém, que a recarga em uma área urbanizada tende a ser maior que em uma área equivalente agrícola. Apesar das modificações nos mecanismos de recarga natural, novos mecanismos são introduzidos, como as perdas de água pela rede de água e esgoto (Figura 4-3), pela irrigação de jardins, entre outros (Foster *et al.* 1999). Além disso, na maioria das cidades e áreas em desenvolvimento, a instalação do sistema de esgoto geralmente é realizada com atraso com relação ao crescimento populacional e à provisão de sistema de água (Lawrence *et al.* 1998). Tal fato provoca a infiltração da maior parte da água abastecida no solo novamente (Lerner 2002), porém afetando a qualidade do recurso hídrico subterrâneo.

Figura 4-2. Caminhos da precipitação para recarregar a água subterrânea em áreas urbanas (adaptado de Lerner 2002).

Figura 4-3. Rotas da água de abastecimento e esgoto para recarregar a água subterrânea em áreas urbanas (adaptado de Lerner 2002).

O cálculo da recarga em áreas urbanas é, portanto, um grande desafio. As idéias subentendidas nas Figuras 4-2 e 4-3 demonstram a complexidade e dificuldade de identificar e quantificar a recarga urbana, tanto considerando a precipitação como fonte, quanto considerando os vazamentos das redes de abastecimento de água e de esgoto (Lerner 2002). Além disso, sabe-se que a maioria das cidades importa água para o seu abastecimento, como é o caso de São Paulo, conforme mencionado anteriormente, em que mais de 50% da água produzida provém de outra bacia hidrográfica, a do Piracicaba, constituindo outra importante fonte de recarga da água subterrânea. Vale lembrar que este fator é uma das principais causas dos conflitos pelo uso da água.

Figura 4-4. Vazamento de encanamento em zona urbana (Garcia-Fresca s/d).

Figura 4-5. Residência em bairro de classe média baixa de São Paulo apresentando vazamento de esgoto (notar poça em frente à porta).

Figura 4-6. Encanamento quebrado em frente à mesma residência da foto anterior.

Lerner (2002) afirma que, em áreas urbanas, fontes pontuais de recarga contínua, como vazamentos de canos de água e esgoto, causam, localmente, aumentos constantes dos níveis piezométricos e, fontes de recarga intermitentes, como redes de coleta de águas pluviais, causam respostas transientes aos níveis piezométricos. Desta forma, não é possível identificar a recarga por fontes criadas pela urbanização apenas pelos métodos convencionais de estimativa de recarga. O estudo realizado por Lima (2002), Lojkasek-Lima *et al.* (2004), na região da Grande São Paulo demonstra claramente a influência dos vazamentos de sistemas de drenagem de água pluvial na modificação do fluxo da água subterrânea, tanto pela observação do aumento dos níveis da água próximos a uma galeria de águas pluviais, quanto pela ocorrência de substâncias peculiares a esgoto na água subterrânea próxima aos encanamentos.

Cada um dos fatores mencionados, introduzidos pela urbanização na paisagem e na estrutura do meio, causa um impacto à recarga de águas subterrâneas. Na tabela a seguir, as principais modificações introduzidas pela urbanização à recarga de água subterrânea estão sumarizadas:

Tabela 4-2. Sumário do impacto dos principais processos de urbanização na infiltração subsuperficial de água (adaptada de Lawrence *et al.* 1998).

Processo			Efeito na infiltração subsuperficial		
			Taxas	Área	Período
Modificações ao sistema natural	Impermeabilização da superfície e drenagem	Telhados, áreas pavimentadas	Redução	Extensiva	Permanente
		Drenos de águas pluviais	Aumento	Extensiva	Intermitente
		Encanamentos	Redução	Extensiva	Contínuo
		Canalização de água superficial	Redução marginal	Linear	Variável
	Irrigação de áreas de lazer		Aumento	Restrita	Sazonal
Introdução de serviços de água	Sistema de abastecimento de água		Aumento	Extensiva	Contínuo
	Medidas de Saneamento	Com esgoto encanado	Aumento	Extensiva	Contínuo
		Sem esgoto encanado	Aumento marginal	Extensiva	Contínuo

Apesar da importância, os estudos de recarga efetiva em áreas urbanizadas ainda são muito limitados (Lerner 2002). São ainda mais escassos os trabalhos que estimam a proporção de água de origens naturais e antrópicas. Alguns exemplos trabalhos que podem ser citados são os de Seiler & Alvarado-Rivas (1999), que avaliam a recarga em Caracas (Venezuela); Yang *et al.* (1999) e Barret *et al.* (1999) que realizaram estudos de recarga em Nottingham (Reino Unido), que aliás, é um dos aquíferos urbanos mais bem estudados no mundo; Appleyard (1995) em Perth (Austrália); Lawrence *et al.* (1994) em Hat Yai (Tailândia); Foster *et al.* (1999) em Santa Cruz de la Sierra (Bolívia), em Barbados e Lima (Peru); Monnier (2001) a nordeste de Paris (França), Birkle *et al.* (1998) na Bacia do Vale do México, Hirata *et al.* (2002), Lima (2002) e Lojkasek-Lima *et al.* (2004), na cidade de São Paulo (Brasil).

Segundo Lerner *et al.* (1990), pode-se fazer uma estimativa grosseira da recarga urbana, multiplicando-se o valor da recarga natural pelos fatores listados na tabela a seguir.

Caso o fator médio deste cálculo for mais que $\pm 25\%$, devem ser consideradas, então, estimativas mais detalhadas para fins de modelamento (Lerner *et al.* 1990).

Tabela 4-3. Passos na estimativa preliminar de recarga urbana a partir de valores de recarga natural (Lerner *et al.* 1990).

Características da área	Fator multiplicador
Precipitação > 1.000 mm/ano	x 0,75
Precipitação < 500 mm/ano	x 2
Precipitação < 200 mm/ano	x 4
Toda água suprida por água da própria cidade	x 0,25
Água suprida por coletores nos telhados	x 2
Tanques sépticos usados para efluentes	x 4
Sem sistema de coleta de água pluvial	x 2
Sistema de água pluvial subestimado	x 2
Alta densidade de casas	x 2
Baixa densidade de casas	x 0,75
Multiplicar por (suprimento de água / pluviometria)	
Multiplicar por (porcentagem da taxa de vazamento / 25)	

Segundo Lawrence *et al.* (1998), os vazamentos do sistema de abastecimento de água somam mais de 20% do total abastecido (geralmente excedendo 100 mm/ano). Segundo a SABESP, na região da Grande São Paulo, esse número gira em torno de 19%.

4.3. Estimativa de recarga em áreas urbanizadas

Cada uma das técnicas disponíveis para avaliar a recarga das águas subterrâneas possui um erro associado. Para a obtenção de um resultado mais consistente e confiável, Lerner *et al.* (1990), Samper (1998) e Lerner (2002) recomendam que a estimativa da recarga de um aquífero seja feita através de técnicas diferentes e independentes, comparando-as entre si.

Segundo Lerner *et al.* (1990), as melhores estimativas de recarga histórica são obtidas considerando: a fonte de recarga, a rota de transmissão para a recarga e o sistema de água subterrânea. Os autores aconselham, como procedimento geral, fazer as seguintes questões:

- Quanta recarga o aquífero pode aceitar? Um aquífero cheio irá rejeitar água em excesso, e esta tomará outro caminho.
- Quanta água a zona não saturada pode transmitir? Grandes taxas de recarga potencial podem não passar totalmente por zonas pouco condutivas.
- Que outros destinos há para a recarga potencial e quão grande eles são?
- Qual é a recarga potencial?
- Qual é a recarga efetiva? Este passo considera o balanço e destino de toda água da fonte, baseado em todos os itens acima.
- Qual o resultado de outras estimativas? Sempre que possível, mais de um método deve ser utilizado, como já citado anteriormente.

A pesquisa bibliográfica sobre os métodos de estimativa de recarga teve enfoque nos métodos utilizados nesta tese de doutorado. Tomou-se como base o trabalho de Lerner (2002) para nortear este levantamento.

4.3.1. Identificação da recarga

O primeiro passo, antes de quantificar a recarga, segundo Lerner (2002), é identificar as fontes existentes (ilustradas nas Figuras 4-2 e 4-3), tratadas acima. Devido à complexidade do ambiente urbano, uma grande quantidade de dados será necessária para se identificar essas fontes. As cidades da Inglaterra possuem bases de dados em GIS que mostram toda a sua infra-estrutura de água. Na Grande São Paulo não existe tal base de dados, o que torna o trabalho ainda mais complexo. Deste modo, faz-se necessária a identificação destas fontes potenciais. O melhor método para isso é o levantamento realizado a pé ao longo da área a ser estudada. No caso deste trabalho, foram identificados os locais onde havia tubulação de abastecimento de água, tubulação de esgoto e registros de parada (para o corte ou abertura de água pela SABESP).

Após realizada a identificação das fontes, parte-se para a detecção da recarga. Em escala local, Lerner (2002) indica como adequados para a detecção de recarga os métodos baseados na flutuação dos níveis da água e na assinatura química. Em escala regional, os métodos baseados em assinatura química e de balanço hídrico.

a) Métodos Baseados na Hidráulica do Aquífero

Os métodos que se baseiam na hidráulica do aquífero estimam a recarga com base na medição direta e monitoramento das características hidrodinâmicas do aquífero. Os principais são os seguintes:

- Balanço hídrico:

Parte da estimação do balanço de umidade na zona saturada, através do cálculo das entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração, escoamento superficial) de água ao longo do tempo (Hillel 1980, Rosenberg *et al.* 1983, Pinto & Zullo Jr s/d).

A existência de uma fonte de recarga pode ser confirmada com este método, pois em casos onde os vazamentos são, por exemplo, da ordem de 25%, este elemento seria notável no fechamento do balanço hídrico do suprimento de água (Lerner *et al.* 1990, Lerner 2002). Na Bacia do Alto Tietê, onde os vazamentos são estimados em 19%, pode ser obtido um bom resultado.

O método do Balanço Hídrico é um dos mais utilizados na América Latina, sobretudo devido aos trabalhos e simplificações adotados por Thornthwaite (1948). É um método fácil de utilizar, porém tem diversos erros associados, como pela estimativa de fluxos em tempestades ou em fortes chuvas tropicais, pela avaliação da evapotranspiração e pelo estabelecimento do escoamento superficial (Lerner *et al.*

1990, Ferrari *et al.* 2002). Não é recomendado também quando a recarga é uma porção muito pequena do balanço hídrico, quando há alta incerteza nos dados e quando há destinações alternativas para a água.

Lerner *et al.* (1993 *apud* Lerner 2002) tentaram aplicar o método à cidade de Coventry, na Inglaterra, porém não obtiveram sucesso. Certamente havia tanto captação de água subterrânea pelos encanamentos quanto vazamentos a partir destes. A diferença entre essas entradas e saídas era muito próxima da margem de erro que se obtém ao subtrair dois números grandes, o que tornou os resultados inconclusivos.

Bredenkamp (1990) estudou a recarga por uma relação simples com a precipitação, numa área (Bo Molopo) na África do Sul. Ele obteve bons resultados, tendo apenas que fazer pequenos ajustes dependendo do tipo de rocha da área (dolomítica ou folhelho).

Birkle *et al.* (1998) calcularam a recarga no âmbito de um balanço hídrico para a Bacia do Vale do México, com o objetivo de prever as implicações dos resultados deste balanço no consumo de água no futuro. Foi identificado neste estudo a superexploração do aquífero, uma vez que a taxa de exploração é de cerca de 51,35 m³/s para uma taxa de recarga calculada de 19 m³/s.

Lobo-Ferreira & Delgado-Rodrigues (1987) desenvolveram o modelo BALSEQ para a estimativa de balanços hídricos, incluindo recargas de aquífero, com poucos dados hidrológicos. O modelo utiliza a chuva diária, a evapotranspiração potencial mensal, o número da curva de escoamento de acordo com o U. S. Soil Conservation Service, a quantidade máxima de água disponível para evapotranspiração na camada de solo superior e a umidade do solo no primeiro dia do balanço. O modelo foi aplicado em diversas bacias portuguesas e obteve bons resultados.

- Flutuação dos níveis de água do aquífero

Baseia-se na relação entre a variação do nível de água em um aquífero não confinado motivada pela recarga (Hall & Risser 1993, Healy & Cook 2002). A recarga (R), portanto, é estimada pela equação:

$$R = S_y \cdot \Delta h + Q \cdot \Delta t$$

Onde:

- S_y = vazão específica;
- Δh = variação no nível da água;
- Q = vazão de exploração ou perdas; e
- Δt = tempo.

O método se adapta melhor quando a resposta à recarga é rápida e o nível de água próximo à superfície. A dificuldade deste método é a de determinar um valor representativo para a vazão específica e de separar a proporção que se deve à recarga e a que tem outras origens (flutuações devido à pressão atmosférica, presença de trapeamento de ar pela frente de molhamento ou interferência de poços em

bombeamento) (Scanlon et al. 2002). Lerner (2002) alerta quanto à aplicação do método em áreas urbanas, pois recargas contínuas (como de fuga da rede de água e esgoto) não causam variações transientes nos níveis da água. Alerta ainda quanto à dificuldade de instalação de poços de monitoramento em áreas urbanas, que depende muito da boa vontade dos moradores e do conhecimento da infraestrutura subterrânea, a fim de evitar danos.

Um exemplo de uso bem sucedido do método de variação dos níveis da água é o trabalho realizado por Lima (2002), na cidade de São Paulo. Além de detectar a variação do nível da água do aquífero freático devido a vazamentos de uma galeria de água pluvial, o autor detectou a influência da heterogeneidade do meio geológico no fluxo da água subterrânea. A origem da água de recarga antrópica foi reconhecida pela assinatura química diferente daquela observada na recarga natural.

O trabalho de Monnier (2001) utilizou níveis da água históricos (do século XIX e XX), além de dados de vazão específica, para detectar a influência da urbanização próximo a Paris na recarga. Mesmo após a urbanização (91,6% de impermeabilização do terreno), os níveis não demonstraram variações significativas. O autor estima que, para manter os níveis, a contribuição de vazamentos do sistema de abastecimento de água, esgoto e águas pluviais no fluxo da água subterrânea seja da ordem de 80%.

Raí & Manglik (1999) adaptaram o método de variação de nível da água, e criaram um modelo matemático que estabelecesse a relação desta variação com a recarga variante no tempo (transiente).

Neil Ketchum Jr. et al. (2000) consideraram flutuações do nível da água, por meio da curva de cumulativa de armazenamento, para também calcular a recarga transiente. O método foi testado para West Virginia (EUA), apresentando valores consistentes com fluxos históricos das nascentes, porém maiores que estimativas baseadas na evapotranspiração potencial.

- Estimativa baseada na lei de Darcy

O método estima o fluxo de água subterrânea que atravessa uma seção determinada do aquífero, utilizando a equação de Darcy, em função do traçado de um mapa hidrogeológico e de valores de condutividade hidráulica (Belan & Matlock 1973). Apresenta bons resultados quando aplicado em uma área relativamente extensa e quando os dados hidráulicos sejam disponíveis. O método apresenta limitações quanto a áreas com intenso bombeamento e imprecisão da estimativa da condutividade hidráulica e da espessura do aquífero.

b) *Método Baseado em Assinatura Química*

As concentrações de diversos solutos na água definem sua assinatura geoquímica, que é utilizada para identificar águas e suas origens (Lloyd & Heathcote 1985 *apud* Lerner

2002). Há ainda um grande potencial para o uso das assinaturas geoquímicas na identificação das várias fontes de recarga urbana. Marcadores potenciais da assinatura geoquímica da água são (Lerner 2002):

- **Inorgânicos:** cátions maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e NH_4^+), ânions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-), metais (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e metais traços), e outros íons menores (B^{3+} , PO_4^{3-} , Sr^{2+} , F^- , Br^- , e CN^-);
- **Orgânicos:** os mais importantes são os clorofluorocarbonos (CFCs), trihalometanos (THMs), componentes fecais (coprostanol e 1-aminopropanona), compostos relacionados a detergentes, compostos químicos industriais (incluindo solventes clorados e hidrocarbonetos);
- **Particulados:** espécies microbiológicas fecais e várias partículas coloidais;

Um marcador de recarga ideal seria um soluto facilmente analisado, que é peculiar a uma fonte de água e um caminho, a uma concentração constante na fonte, e que não seja reativo em nenhuma situação (Barrett *et al.*, 1999). Tais solutos são raros.

O uso de diversos traçadores combinados pode aumentar a confiabilidade do resultado, sendo, deste modo, recomendável.

Lerner (2002) indica que ocasionalmente o uso de traçadores, particularmente os isótopos, identifica uma fonte de recarga urbana, como indicado no item a seguir.

A tabela a seguir sumariza as fontes potenciais dos solutos citados acima e mostra que existem diversas fontes possíveis para a maioria dos traçadores potenciais.

Tabela 4-4. Principais fontes potenciais de solutos para água subterrânea (Modificado de Lerner, 2002).

Grupo de marcadores	Fontes potenciais de solutos					
	Atmosfera	Materiais Geológicos	Agricultura	Redes de água	Redes de esgoto	Sites industriais e comerciais
Ca, Mg, K e Na, HCO_3^- , SO_4 e Cl	x	x	x	x	x	X
NO_3^- e NH_4	x		x	x	x	X
B, PO_4	x	x	x	x	x	X
Sr, F, Br	x	x		x	x	X
Metais Pesados	x	x		x	x	X
Clorofluorcarbonetos (CFCs)	x			x	x	X
Trihalometanos (THMs)				x	x	X
Compostos orgânicos fecais					x	
Detergentes Orgânicos					x	X
Solventes organoclorados e hidrocarbonetos					x	X
Espécies microbiológicas					x	
Partículas coloidais					x	X

Barrett *et al.* (1999) realizaram um levantamento bibliográfico dos principais solutos indicadores das diversas fontes de recarga e aplicaram o conhecimento em Nottingham (Reino Unido). Os autores fizeram diversas tentativas de encontrar os marcadores

indicados, tendo sucesso em alguns casos. Um exemplo foi o d-limoneno, que foi encontrado tanto no esgoto quanto na água subterrânea rasa de Nottingham, podendo ser bom indicador de recarga recente por esgoto. Os autores ressaltaram a necessidade de um estudo com vários componentes, pois não existem marcadores ideais.

c) *Métodos Baseados em Técnicas Isotópicas*

O método mais utilizado para o cálculo de recarga é o de isótopos estáveis, mais especificamente o de $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$. Métodos como ^{36}Cl também podem ser utilizados, mas as restrições são maiores, devido a possíveis fontes antrópicas deste elemento.

A composição isotópica da água no ciclo hidrológico é modificada por processos meteóricos, o que possibilita a correlação de certas características isotópicas da água a uma zona de recarga específica. A assinatura isotópica da água, portanto, pode servir como traçador natural para definir a sua proveniência em um aquífero (Clark & Fritz 1997; El Bakri *et al.* 1992; Taylor *et al.* 1989). O método é baseado no fato que elementos como topografia, proximidade do mar, temperatura do local de recarga, bem como padrão de intensidade de chuvas, definirão uma assinatura isotópica à água, que é preservada dentro do aquífero. Deste modo, a assinatura isotópica pode ser determinada através de amostras colhidas em poços, conhecendo-se as características geométricas do aquífero e sua hidráulica (Darling & Bath 1988, Douglas 1997, Cook *et al.* 1994). Os isótopos estáveis têm auxiliado, também, na identificação da proporção da recarga advinda de infiltração direta da chuva ou de perdas das redes de água e esgoto e de canais de água pluvial, desde que haja diferenças nas composições isotópicas das diferentes proveniências da água (Seiler & Alvarado-Rivas 1999, Lerner 1997, Lerner 1990).

Os isótopos ^{18}O e ^2H são alternativas muito boas para traçar diferentes fontes de água, primeiramente porque O e H são os constituintes da molécula de água. Além disso, os isótopos ^2H e ^{18}O são os principais isótopos de, respectivamente, ^1H (abundância terrestre de 0.015%) e ^{16}O (abundância terrestre 0.204%). Mas a principal característica destes isótopos, que os torna passíveis de serem utilizados como traçadores de diferentes fontes de água, é que eles são conservativos em reações de mistura. Qualquer água guardará a impressão da assinatura isotópica de suas fontes de água (Clark & Fritz, 1997; Seiler, 2001; Appelo & Postma, 2005, entre outros). Consequentemente, a assinatura isotópica do produto final estará plotada numa linha de mistura ("*mixing line*") entre os dois membros finais, como a seguir:

Figura 4-7. A mistura fracional de duas águas subterrâneas quantificada com base nos conteúdos isotópicos mostrados e a fração da água subterrânea “A” na mistura “A-B” (Clark & Fritz, 1997)

A principal condição para utilizar os isótopos ^2H e ^{18}O para identificar fontes de recarga de água subterrânea é existir diferença suficiente entre as assinaturas das fontes. Por diferença suficiente entende-se que a diferença é notável, mesmo tomando-se em conta os erros analíticos embutidos nos resultados isotópicos para cada fonte, que, de acordo com Clark & Fritz (1997) é cerca de ± 0.2 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$ e ± 1.0 ‰ for $\delta^2\text{H}$. Se este for o caso, as assinaturas isotópicas das fontes podem ser consideradas como membros finais na relação de mistura, como pode ser observado na Figura 4-7 que mostra a influência crescente do membro final A. A maior dificuldade está em saber antecipadamente se esta diferença existe. Portanto, um projeto que esteja dependendo apenas em isótopos para avaliar a contribuição urbana na recarga nem sempre é bem sucedido neste aspecto.

Considerando que os dois membros finais sejam, respectivamente:

Precipitação: $\delta^{18}\text{O} = X1\text{‰}$ $\delta^2\text{H} = X2\text{‰}$

Recarga urbana: $\delta^{18}\text{O} = Y1\text{‰}$ $\delta^2\text{H} = Y2\text{‰}$

E levando em conta que estas são as únicas duas fontes de recarga de água subterrânea, a assinatura da água subterrânea sendo:

$$\delta^{18}\text{O} = Z1\text{‰} \quad \delta^2\text{H} = Z2\text{‰}$$

Z seria uma combinação de X e Y, de acordo com a seguinte equação:

$$Z = \chi_{\text{precipitação}} \cdot X + \chi_{\text{urbana}} \cdot Y$$

onde:

$\chi_{\text{precipitação}}$ = proporção de recarga por precipitação

χ_{urbana} = proporção de recarga urbana

Vale enfatizar que com isso assume-se que há apenas estas duas fontes de recarga de água subterrânea. Ao adicionar uma nova fonte na equação, haveria outra incógnita.

Um exemplo de uso bem-sucedido de isótopos estáveis é o trabalho de Seiler & Alvarado-Rivas (1999). Como no caso da área estudada, na Bacia do Alto Tietê, o suprimento de água naquele estudo provinha de água superficial em bacias vizinhas. Esta água, sendo tratada e enviada para o abastecimento da cidade possuía uma assinatura isotópica ($\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$) distinta da de recarga natural local. Deste modo, a assinatura da água subterrânea seria uma mistura da assinatura da água meteórica e da água de abastecimento.

Outro exemplo de aplicação de isótopos estáveis de oxigênio e hidrogênio com bons resultados é o trabalho de Farah *et al.* (2000). Farah *et al.* (2000) estudaram a proveniência das águas de recarga na confluência dos rios Nilos, uma região atualmente árida e carente de ter uma estimativa da sustentabilidade do recurso. Definindo a assinatura química das águas dos rios Nilo Azul, do Nilo Branco, do Nilo, das águas pluviais e subterrâneas, os autores estabeleceram a proveniência da água subterrânea recente como provinda principalmente do Nilo Branco comparada ao Nilo Azul numa extensão de 12 km dos rios e, a água subterrânea mais antiga é principalmente advinda de águas meteóricas.

Santiago *et al.* (2001) utilizaram isótopos estáveis de $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ para identificar a origem da água de recarga numa área do nordeste do Brasil, em que há grande exploração do recurso hídrico subterrâneo para irrigação. Os autores puderam dividir a área da Ilha do Limoeiro em duas partes, de acordo com a proveniência da água de recarga. Nos poços a sudoeste, a água provém do fluxo perene dos rios e, nos poços no interior da ilha, a água provém de inundações, mas se desconectam dos rios durante as estações secas, devido à presença de fortes feições tectônicas e sofrem grandes variações nos níveis durante a seca. Na porção de aquífero fraturado, a recarga é diretamente da chuva, sem sinais de evaporação.

Carrillo-Rivera *et al.* (1992) investigaram a recarga de águas subterrâneas rasas e profundas com isótopos estáveis de $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ e identificaram para o aquífero raso infiltração direta e para as águas mais profundas, caminhos mais longos e circulação mais profunda, mas ambas sendo recarregadas por precipitação nas porções mais altas periféricas da bacia.

Harris *et al.* (1999) realizaram um estudo preliminar para avaliar a possibilidade de usar isótopos como indicadores de recarga urbana na área de Grande Cape Town. As

estações de tratamento de água que suprem as tubulações para Cape Town produzem água com variação sazonal na composição de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$. Os resultados do estudo mostraram que as diferenças observadas nos valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ entre as águas de abastecimento e a água subterrânea na cidade de Cape Town não são significantes no inverno, mas no final do verão são da ordem de 10 e 1.6‰, respectivamente. A conclusão foi que os dados isotópicos de ^{18}O e ^2H discriminariam efetivamente entre as águas de abastecimento e a água subterrânea para a maior parte da área da Grande Cape Town apenas nos meses de verão e outono. Portanto, pode-se concluir que os isótopos devem ser utilizados com critério neste caso, considerando as épocas de maior recarga e as fontes possíveis em cada período.

d) *Outras técnicas*

Leonard & Lakey (1989) realizaram uma estimativa da recarga natural na Bacia Otway, em Victoria, na Austrália. Eles utilizaram a técnica de separação hidrográfica e análises de rede de fluxo. A técnica de separação hidrográfica consiste na separação do componente fluxo de base do fluxo total, a partir de curvas de recessão dos rios. O fluxo de base médio foi calculado. Os autores obtiveram uma recarga de 14% para a técnica da separação hidrográfica e 17% do total anual de precipitação para o método de análises de rede de fluxo (neste último caso, para a área de 28 km², obtiveram 4.800 ML/ano). Tais resultados mostraram-se bastante coerentes entre si, tornando possível o uso da técnica de separação hidrográfica.

Lin & Anderson (2003) criaram um procedimento digital para estimar as taxas de recarga e de descarga, utilizando o programa MODFLOW, e o aplicaram numa área na porção central de Wisconsin. O método utiliza a interpolação da superfície potenciométrica, mapeamento de descarga e recarga, reconhecimento de padrões e um modelo de estimativa de parâmetros. Os autores obtiveram bons resultados, que foram compatíveis com estudos realizados anteriormente para a mesma área.

e) *Utilização de técnicas combinadas*

É abordado aqui o uso geral de técnicas para cálculo de recarga em conjunto. Poucos trabalhos foram encontrados sobre recarga em áreas urbanas utilizando métodos combinados. De qualquer forma, alguns dos trabalhos de recarga natural foram citados de forma a demonstrar a eficiência da combinação de métodos e a comparação entre eles.

O Serviço Geológico Americano (USGS), por exemplo, realizou a estimativa da recarga da precipitação nas ilhas Whidbey e Camano, em Washington, para os anos hidrológicos de 1998 e 1999 (Sumioka & Bauer 2003). Para isso, utilizaram os métodos de Balanço Hídrico próximo à superfície e o de Balanço de Massa de Cloreto.

Identificaram como fatores principais para as diferenças nos valores de recarga a quantidade de precipitação e a distribuição dos materiais em superfície (sendo maior em áreas sobrepostas por depósitos de granulação mais grossa – outwash – que em granulação mais fina - till). O método do balanço de massa de cloreto foi utilizado para estimar a recarga combinada das duas ilhas, resultando em cerca de 2 polegadas por ano).

Grismer *et al.* (2000) realizaram a comparação entre métodos de estimativa de recarga numa área semi-árida de pomar na Califórnia (EUA). Os métodos utilizados foram balanço hídrico do solo, balanço de massa de cloreto e monitoramento de umidade do solo. Os autores encontraram dificuldades no método de balanço de massa de cloreto devido às concentrações altas de cloreto na água do solo, porém os resultados encontrados foram semelhantes aos dos outros métodos (42 a 141 mm/ano). O método do balanço hídrico indicou que a recarga é dada principalmente pelas chuvas de inverno, e não pelas irrigações do verão, e é da ordem de 75 mm/ano (1984-98) e 164 mm/ano (1996-98). O monitoramento da umidade do solo corroborou os outros resultados, demonstrando que o solo está secando durante a irrigação do verão e umedecendo durante as chuvas no inverno. Os autores concluíram que a avaliação só foi possível com o uso dos métodos em conjunto, e estes não deveriam ser usados separadamente.

Flint *et al.* (2002) realizaram uma comparação de métodos de estimativa de recarga em Yucca Mountain, Nevada (EUA), incluindo balanço hídrico, cálculos utilizando a lei de Darcy na zona não saturada, sondagem com nêutrons, modelamento inverso de perfis térmicos na zona não saturada, balanço de massa de cloreto, radionuclídeos atmosféricos e abordagens empíricas. Os autores puderam concluir sobre as vantagens e desvantagens de cada método, e, integrando-os, concluíram que os valores de infiltração próximos à superfície variam bastante no tempo e no espaço, com valores pontuais de zero a várias centenas de mm/ano. Os resultados foram incorporados a um modelo, que prevê recarga altamente não-uniforme no nível da água, distribuída significativamente diferente do padrão de infiltração não-uniforme na superfície.

4.3.2. Quantificação da recarga

A seguir serão descritos métodos indicados por Lerner (2002) para estimativas quantitativas dos componentes individuais da recarga natural e a partir de vazamentos da rede de água e esgoto. O autor alerta, porém, para a grande incerteza nas estimativas, devido à complexidade dos componentes e à pequena quantidade de pesquisas realizadas para sustentar estas estimativas.

O autor ainda sugere o uso de abordagens holísticas, ou seja, estimar a recarga como um todo ao invés de avaliá-la como componentes complexos.

a) *Recarga natural*

A equação de balanço hídrico considera o total da recarga. Para avaliar os componentes individuais, ilustrados na Figura 4-1, utilizam-se as técnicas descritas a seguir.

Para estimar a recarga direta, em climas úmidos, utiliza-se o balanço de umidade do solo, que depende do tipo de ocupação do solo.

Para o caso da recarga localizada, não há estudos conhecidos e nem dados disponíveis para quantificá-la individualmente. Se esta recarga ocorre, ela passa pela zona de solo, fazendo parte, portanto, do balanço de umidade do solo. Para calcular esta componente deve-se considerar, mesmo em áreas impermeabilizadas, que parte da área é permeável (cerca de 50%), especialmente em áreas residenciais.

A recarga provinda de redes de águas pluviais também é difícil de estimar, e consiste, também, em recarga localizada. Para realizar a estimativa, devem-se ter informações da rede de drenagem de águas pluviais e de possíveis vazamentos. Mesmo se conhecendo a estrutura desta rede, a recarga por este caminho é episódica, dificultando ainda mais sua detecção. Dadas estas dificuldades, deve-se, então, considerar que parte da precipitação se transforma em recarga ou ignorar efeitos da impermeabilização para parte da superfície (como para a recarga localizada).

b) *Recarga por vazamentos da rede de água e esgoto*

Na Figura 4-3, são descritos os principais mecanismos de recarga dos aquíferos a partir de perdas na rede de água e de esgoto. Em cidades predominantemente providas de rede de água e esgoto, estes dificilmente são completamente protegidos de infiltração de águas pluviais e da própria água subterrânea (nos encanamentos). Deste modo, a vazão medida nestes encanamentos é geralmente muito maior que a quantidade real de esgoto descarregada para os encanamentos. Nestes casos, um balanço hídrico geral pode não ser tão útil.

Uma maneira de medir os vazamentos, realizada por algumas companhias de abastecimento de água, é medir o fluxo mínimo noturno. Para isto, uma porção da cidade é isolada para que toda a água suprida flua por um cano no qual o fluxo é medido entre 2h e 4h da manhã. Como o uso de água neste horário é muito pequeno, assume-se que o fluxo de entrada para esta zona é a taxa de vazamento.

A posição vertical dos encanamentos de esgoto é também muito importante, pois encanamentos abaixo do nível da água tendem a coletar a água subterrânea, enquanto os acima do nível da água é que provavelmente vazam, recarregando o aquífero. Num

estudo realizado em Nottingham, Yang *et al.* (1999) verificaram que apenas 5% da recarga desta cidade vinham de vazamentos de sistema de esgoto.

c) *Abordagens holísticas*

O que é denominado por Lerner (2002) como abordagens holísticas são estimativas da recarga total, utilizadas como alternativa à estimativa de cada parâmetro individualmente.

- Modelamento de água subterrânea: Os modelos numéricos de fluxo de água subterrânea resolvem uma equação geral que rege o fluxo da água subterrânea. A recarga pode ser um parâmetro de calibração destes modelos. Caso dados sejam disponíveis de todos os outros parâmetros necessários (vazão específica, níveis potenciométricos, condutividade hidráulica, descarga), a recarga pode ser estimada calibrando-se o modelo (manualmente ou com o uso de softwares de calibração automática).
- Balanços de soluto: Se um soluto é conservativo, a concentração dele na água subterrânea será inversamente proporcional à taxa de recarga total, relacionando-a com a concentração do soluto na fonte em relação à taxa em que ele é liberado na água subterrânea (recarga da fonte).

Se a recarga total é estimada com outro método, as concentrações inicial e final do soluto podem ser utilizadas para estimar a recarga da fonte desejada.

Yang *et al.* (1999) utilizaram este método na cidade de Nottingham, estudando três solutos: Cl, SO₄ e N_{total}, dividindo a recarga em três componentes: sistema de distribuição de água, sistema de esgoto e precipitação, calibrando três modelos de transporte para o aquífero. O resultado do estudo indicou as proporções de: 30% para precipitação, 65% para o sistema de distribuição de água, e 5% para o sistema de esgoto. Há grandes incertezas nestes resultados devido à falta de dados históricos.

- Variação dos níveis da água: Este método se baseia no fato de que a recarga causa variações nos níveis de água de um aquífero. O problema em sua aplicação em recarga urbana (Scanlon *et al.* 2002, Lerner 2002), como citado anteriormente, é que o método apenas é eficaz nos casos de recargas episódicas, pelo motivo de recargas contínuas não apresentarem variações episódicas nos níveis.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Escolha das áreas experimentais

As áreas estudadas encontram-se representadas no mapa da Figura 3-2, onde A representa a localização da área pouco urbanizada e B representa a área muito urbanizada.

5.1.1. Área Não-Urbanizada

A Cidade Universitária da USP foi escolhida para se estudar a recarga em áreas verdes, com baixa densidade de ocupação (Figura 5-1). Esta área foi escolhida segundo os seguintes critérios:

- Localizar-se dentro do domínio da BAT;
- Estar localizada no domínio do Sistema Aquífero Sedimentar;
- Possuir baixa densidade de ocupação urbana, para os padrões de ocupação da RMSP;
- Não ter ou ter baixa exploração de água subterrânea.

Próxima à Raia Olímpica, zona de descarga do aquífero, foram perfurados 4 poços de monitoramento multiníveis (3 profundidades; P1R, P3R, P1C, P2C) e um poço de monitoramento isolado (P2R) (Figura 5-2).

Figura 5-1. Localização da área de estudo da Cidade Universitária da USP (em vermelho, detalhada na Figura 5-2) e o contorno do contato do embasamento com os sedimentos na Cidade Universitária da USP (amarelo, baseado e, Iritani 1993).

Figura 5-2. Esquema da localização dos poços de monitoramento na Raia Olímpica e no CRUSP (círculos vermelhos).

5.1.2. Área Urbanizada

A segunda área para o desenvolvimento dos trabalhos foi escolhida segundo os seguintes critérios:

- Localizar-se dentro do domínio da BAT;
- Possuir geologia compatível com a da Cidade Universitária (com o auxílio de mapa geológico da BAT em escala 1:50.000- LIG/IGc-USP 1999): sedimentos da Bacia de São Paulo, siltsos a arenosos, predominantemente;
- Estar contida em uma pequena bacia hidrográfica, para que seja possível controlar as entradas e saídas de água no sistema;
- Possuir ocupação urbana relativamente antiga (mais de 20 anos), em bairro residencial, com média a alta densidade;
- Ter grande parte de sua área impermeabilizada.
- Não ter exploração (bombeamento) de água subterrânea.

Áreas foram selecionadas a partir do mapa geológico da BAT em escala 1:50.000, juntamente com o mapa topográfico em escala 1:10.000 (EMPLASA). Saídas a campo, para a verificação do tipo de ocupação urbana, impermeabilização do terreno e geomorfologia (conformação de mini-bacia) e geologia foram realizadas.

Outra fonte importante de informações foram os moradores que já tiveram ou têm poços em suas residências, equipes de manutenção da rede de abastecimento público de água, geólogos ou engenheiros em construções, e afloramentos geológicos. Diversos locais com condições físicas aparentemente ideais foram descartados por informações verbais, como a incompatibilidade geológica (arredores da USP, Rio Pequeno), a existência de poços no local (Lapa, Brooklin), tipo de ocupação diferente da desejada (Santo André, Guarulhos), nível freático muito profundo (Lapa, Brooklin), existência de espessas camadas de argila

(Brooklin) entre outros. Após a primeira seleção foram feitas visitas aos 10 locais restantes, com trado manual, para investigação da geologia, determinação do nível freático, constatação do tipo de ocupação. Os resultados são apresentados na Tabela 5-1, na qual foram atribuídas “notas” para cada parâmetro, até se obter a área mais apropriada:

Dentre as áreas visitadas, a que mais se adequou às necessidades do projeto encontra-se na Vila Eutália, na Zona Leste de São Paulo. A região iniciou seu processo de urbanização na década de 30 (Langenbuch 1971). A área corresponde à mini-bacia de um córrego afluente do rio Aricanduva, próximo do bairro Aricanduva. A área possui ocupação residencial densa, em geral de residências de classe média e classe média baixa, com terreno predominantemente impermeabilizado (exceto em algumas praças, pequenos jardins e pavimentação de paralelepípedo em algumas ruas, totalizando 88,5%, conforme dados da equipe de sensoriamento remoto do Projeto Recarga). A área da mini-bacia é menor que 1 km² (Figura 5-3).

Tabela 5-1. Dificuldades encontradas.

Área	Nível Raso?	Geologia compatível?	Boa impermeabilização?	Acesso p/ máquinas?	Ocupação	Segurança	Soma
Osasco	1	-1	1	1	1	1	4
Erm. Matarazzo	-	0	1	1	0	-1	1
Vila Formosa	-1	-1	1	1	1	1	2
Pq. São Lucas	1	0	1	0	1	1	4
Vila Eutália	1	1	0	1	1	1	5
Vila Matilde (trado)	-1	0	1	1	1	1	3
V. Matilde (trinch.)*	0	-1	1	1	1	1	3
Sto. André II	-1	0	1	0	1	1	2
Vila Maria	1	1	-1	1	-1	1	2
Vila Califórnia	1	-1	1	1	1	1	4

* Foi encontrada uma trincheira aberta pela equipe de manutenção da SABESP

Atribuição:	1=bom	0=médio	-1=ruim	- = desconhecido
-------------	-------	---------	---------	------------------

Foi então realizada a locação de sondagens para amostragem de solo e para a instalação de poços de monitoramento em três profundidades (Figura 5-4).

Figura 5-3. Mapa com o contorno da bacia estudada na Vila Eutália.

Figura 5-4. Mapa com a localização dos poços perfurados na Vila Eutália (círculos azuis, número equivale ao das sondagens). A sondagem S0V foi realizada apenas para reconhecimento da área. Em vermelho está o contorno das ruas e em verde a topografia (mapa 1:10.000 da EMLASA).

5.1.3. Sondagem para amostragem de solo

Em ambas as áreas de estudo as sondagens para amostragem de solo foram realizadas com equipamento tipo *direct push*. O equipamento consiste em um tubo de aço inox de 2", no qual é colocado um tubo amostrador de polietileno de 1", ficando com a porção inferior aberta para entrada da amostra. O sistema é acoplado a equipamento Geoprobe®, denominado pelos sondadores de *Baby* (devido à pequena dimensão do equipamento), sendo cravado no solo pelo método de percussão.

a) Cidade Universitária

Nesta área foram realizadas cinco sondagens para amostragem de solo. As sondagens foram realizadas nos pontos onde estão instalados os poços de monitoramento (Figura 5-2). A profundidade pretendida para a amostragem completa deveria ser até o fundo do poço mais profundo. A efetivamente atingida, porém, foi aquela suportada pela capacidade do aparelho e variou de acordo com as propriedades físicas do material sondado, chegando no máximo a 9 m. Geralmente, em material argiloso muito compacto, o amostrador avançava com bastante dificuldade e o tubo de polietileno estourava. No Anexo 1 estão ilustrados os perfis geológicos dos materiais encontrados nas sondagens. Em geral, não foi encontrada uma variação litológica significativa de material de um ponto para outro.

b) Vila Eutália

Nesta área foi realizada uma sondagem de reconhecimento da geologia para escolha da área e 10 sondagens para amostragem de solo. As sondagens foram realizadas nos pontos onde foram instalados os poços de monitoramento (Figura 5-4). Do mesmo modo que para a Cidade Universitária, a profundidade efetivamente atingida foi aquela suportada pela capacidade do aparelho, chegando no máximo a 9,4 m. Esta profundidade variou de acordo com as propriedades físicas do material sondado. O mesmo problema encontrado em material argiloso com o amostrador também ocorreu nesta área.

A sondagem S0V foi realizada quando da escolha da área e só atingiu pouco abaixo do nível da água, com trado manual de 2". As demais sondagens foram realizadas com o método *direct push*, descrito anteriormente, em 2", com o equipamento Geoprobe®, até a profundidade suportada pelo equipamento. No Anexo 2 estão ilustrados os perfis geológicos dos materiais encontrados nas sondagens.

5.2. Confecção dos poços de monitoramento

A perfuração dos poços foi iniciada em maio de 2003. A empresa contratada para realizar a perfuração e instalação dos poços foi a American Drilling do Brasil Ltda. Os métodos utilizados na perfuração dos poços foram o *direct push* (descrito no item sobre a

amostragem de solo), o *hollow-stem auger* e o trado caneco manual, dependendo das condições presentes no local da perfuração.

5.2.1. Cidade Universitária

Os perfis dos poços da Raia Olímpica (PnR, sendo n o número do poço) e suas características construtivas estão ilustrados no Anexo 1.

Na Tabela 5-2 estão sumarizadas as características gerais das perfurações.

Tabela 5-2. Características gerais das perfurações na área da Raia Olímpica.

Poço	Profundidade (m)	Método utilizado
P1R	4,5	<i>Baby</i> com percussão e ponteira
	7,5	<i>Hollow-stem auger</i> de 6"
	13,55	<i>Hollow-stem auger</i> de 6"
P2R	4,6	<i>Baby</i> com percussão
P3R	4,65	<i>Baby</i> com percussão
	7,33	<i>Hollow-stem auger</i> de 6"
	13,2	<i>Hollow-stem auger</i> de 8"

As profundidades de instalação dos poços foram definidas com base nas sondagens de amostragem de solo e durante a própria perfuração do poço, quando foi detectada a presença de uma espessa camada de argila de cerca de 7,5 m até cerca de 12,5 m. Deste modo optou-se, para cada poço multinível, pela confecção de um nível raso, próximo ao nível da água, um nível logo acima da camada de argila e o último logo abaixo desta camada.

A instalação dos poços da Raia Olímpica consistiu na colocação de filtro de 1m de comprimento acoplado a tubos de polietileno com 1" de diâmetro para os dois níveis mais rasos (P1R, P2R e P3R) e tubos geomecânicos de PVC com 2" de diâmetro para o nível mais profundo (P1R e P3R). O espaço anelar entre a parede do furo e o filtro foi preenchido com pré-filtro de areia selecionada (tipo Jacareí), até cerca de 0,5 m acima do filtro, com o objetivo de minimizar a entrada de sedimentos finos no poço. Acima disso, para efetuar a selagem adequada dos poços, foi colocada uma camada de bentonita em pelotas no espaço anelar compreendido entre a parede da perfuração e o revestimento de PVC. Nos poços mais rasos (de cerca de 4,5 m), foi colocada bentonita em pó. O espaço anelar restante foi preenchido com sedimento da própria sondagem e, os 20 cm superiores, com cimento. Visando garantir a integridade do poço, a boca do poço foi fechada usando-se uma tampa de pressão com cadeado. Todos os poços receberam um acabamento com caixa de concreto cerca de 10 cm acima do nível do solo, onde foram instaladas câmaras de calçada fabricadas em ferro fundido.

Foram instalados também dois poços multiníveis mais distantes desta estação de monitoramento, entre o Bloco A do CRUSP (Conjunto Residencial da USP) e a Av. Prof.

Mello Moraes (Figura 5-2, P1C e P2C). Os perfis dos poços do CRUSP e suas características construtivas estão ilustrados no Anexo 1.

Tabela 5-3. Características gerais das perfurações entre o bloco A do CRUSP e a Av. Prof. Mello Moraes.

Poço	Profundidade (m)	Método utilizado
P1C	4,55	<i>Baby</i> com percussão e ponteira
	7,62	<i>Hollow-stem auger</i> de 6"
	13,78	<i>Hollow-stem auger</i> de 5"
P2C	4,53	<i>Baby</i> com percussão
	7,5	<i>Hollow-stem auger</i> de 6"
	13,58	<i>Hollow-stem auger</i> de 5"

Outro problema foi apresentado após o desenvolvimento dos poços de monitoramento da Raia Olímpica. O desenvolvimento consiste em bombear seguidamente um poço com uma válvula de pé ou com compressor de ar, a fim de se retirar o sedimento que esteja dentro do pré-filtro ou no próprio tubo, como resultado da perfuração. Nos poços P1R e P3R de cerca de 4,5 m e de cerca de 7,5 m havia areia fina em abundância, mesmo após a sua limpeza. A areia vinha junto com a água bombeada e, aparentemente passava pelo pré-filtro, o que comprometeu a qualidade do poço para amostragens de água. Decidiu-se, então, pela reconstrução destes níveis de poços mais rasos (P1R e P3R), com o uso da manta Bidin. Os poços de 4,5 m foram perfurados pelo método do trado manual de 4" com revestimento, e os poços de 7,5 m, com o método *hollow-stem auger* de 5". Os perfis dos novos poços da Raia Olímpica e suas características construtivas estão ilustrados no Anexo 1.

5.2.2. Vila Eutália

O método usado na perfuração dos poços na Vila Eutália foi o *hollow-stem auger* (descrito acima, para a Cidade Universitária), com *augers* de 5" de diâmetro. Os perfis dos poços da Vila Eutália e suas características construtivas estão ilustrados no Anexo 2.

As profundidades de instalação dos poços foram definidas com base nas sondagens de amostragem de solo e durante a própria perfuração do poço. O poço mais raso era instalado logo abaixo do nível da água e acima de lentes de argila, presente em toda a área. Caso a distância entre o nível da água e a camada de argila fosse maior que 4 m, eram instalados dois níveis, um logo abaixo do nível da água e um acima da lente de argila, quando presente. As lentes ocorrem, geralmente, em cerca 4,3 m a 9,5 m de profundidade. Mesmo quando o nível da água não era detectado acima dessas lentes, o poço era instalado a fim de indicar possíveis vazamentos da rede de abastecimento de água ou mesmo frentes de molhamento que fossem barradas por ela. Deste modo optou-se, como para a Cidade Universitária, para cada poço multinível, pela confecção de um nível raso,

próximo ao nível da água, um nível logo acima da lente de argila e o último logo abaixo desta lente.

A instalação dos poços da Vila Eutália consistiu na colocação de filtro de 1 m ou 1,5 m de comprimento acoplado a tubos de polietileno com 1" de diâmetro para o(s) (dois) nível(is) mais rasos e tubos de PVC com 1½" de diâmetro para o nível mais profundo. O espaço anelar entre a parede do furo e o filtro foi preenchido com pré-filtro de areia selecionada (tipo Jacareí), até cerca de 0,5 m ou menos acima do filtro, com o objetivo de minimizar a entrada de sedimentos finos no poço. Acima disso, para efetuar a selagem adequada dos poços, foi colocada uma camada de bentonita em pelotas no espaço anelar compreendido entre a parede da perfuração e o revestimento de PVC. Nos poços mais rasos (de cerca de 4,5 m), foi colocada bentonita em pó. Naqueles poços em que o nível raso aparentemente encontra-se sempre seco, foi colocada uma mistura de bentonita em pó, cimento e água, a fim de evitar o craquelamento da bentonita quando da secagem. O espaço anelar restante foi preenchido com sedimento da própria sondagem e, os 20 cm superiores, com cimento. Visando garantir a integridade do poço, a boca do poço foi fechada usando-se tampas de rosca. Todos os poços receberam um acabamento de concreto, acompanhando o nível do passeio público, onde foram instaladas câmaras de calçadas fabricadas em alumínio.

5.3. Cadastro de tubulações e registros de parada no bairro da Vila Eutália

O trabalho consistiu na identificação dos locais das tubulações de esgoto, água de abastecimento e águas pluviais, bem como dos registros de parada (caixilhos onde a passagem de água pode ser ligada ou desligada pela SABESP) nas ruas da Vila Eutália. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar os tubos da rede de água e esgoto e da drenagem pluvial que porventura tenham fugas.

5.4. Realização de slug tests nos poços de monitoramento

A condutividade hidráulica do meio foi determinada para a aplicação da lei de Darcy através de *Slug Tests*. Estes testes consistiram na inserção de tarugos (*slugs*, feitos de tubos de PVC fechados nas pontas e preenchidos com areia) nos poços de monitoramento. O aumento instantâneo do nível de água no poço causado pela inserção do tarugo foi medido com os transdutores de pressão, monitorando a recuperação do nível ao longo do tempo, a cada 3 segundos, até a sua estabilização. Com auxílio do *software Aquifer Test for Windows*, da *Waterloo Hydrogeologic, Inc.*, através do método de Hvorslev (quando não há efeito significativo de armazenamento nas respostas do aquífero) ou Cooper-et-al. (quando há efeito significativo de armazenamento), foram determinadas as condutividades hidráulicas.

5.5. Monitoramento dos poços

A partir da conclusão da instalação e desenvolvimento de todos os poços, foi iniciado o monitoramento dos níveis da água. Este foi realizado a partir do fim da primeira quinzena de janeiro de 2004, tanto na Cidade Universitária, quanto na Vila Eutália, até o fim do mês de maio de 2005. O monitoramento foi realizado com periodicidade diária.

O monitoramento dos níveis em ambas as áreas foi realizado pelo método manual, com o uso de um medidor de nível da marca Hidrosuprimentos®. O monitoramento foi realizado em todos os níveis de todos os poços instalados. Para a medida, o ponto mais baixo nas bocas dos tubos foi usado como referência. As medições foram iniciadas no dia 14/01/2004, com periodicidade diária.

5.6. Amostragem de água dos poços de monitoramento

A amostragem de água dos poços de monitoramento começou a ser realizada no mês de fevereiro de 2004, após a conclusão da instalação dos poços de monitoramento em ambas as áreas. A coleta da água nos poços foi realizada com periodicidade mensal.

Inicialmente, foram coletadas apenas amostras dos níveis mais rasos dos poços de monitoramento multiníveis, e de alguns níveis mais profundos selecionados (meses de fevereiro e março). Após estas duas campanhas de amostragem, foi coletada água de todos os níveis e de todos os poços de monitoramento. O método de amostragem utilizado foi o de baixa vazão (*“low flow sampling”*), conforme descrito no documento da agência de proteção ambiental americana (USEPA), elaborado por Puls & Barcelona (1996). Para a amostragem foram utilizadas mangueiras de polietileno de ¼”, acopladas a uma mangueira de silicone que passa por uma bomba peristáltica da marca Geopump, conforme a Figura 5-5.

Mede-se o nível da água no poço de monitoramento antes e durante a amostragem, de forma a garantir que não haja grande rebaixamento e a manter o nível estável. Segundo Puls & Barcelona (1996) é desejável que o nível não rebaixe mais que 0,1 m, porém em alguns casos e situações geológicas tal patamar é impraticável. Este critério dependerá, portanto, do bom senso e da experiência do amostrador. Neste trabalho, nos casos onde, mesmo com a vazão mínima da bomba, não se conseguia a estabilidade do nível, esgotou-se o poço e foi aguardada a sua recuperação, de forma a garantir a coleta de água proveniente do aquífero, descartando aquela estagnada no poço.

Figura 5-5. Sistema de coleta de águas subterrâneas utilizado.
(à direita da figura, bomba Geopump, e à esquerda, medidores de pH/temperatura, Eh e condutividade elétrica/temperatura).

Além disso, para saber o momento em que a amostragem deveria ser realizada, foram acompanhados parâmetros físico-químicos da água, como pH, Eh, condutividade elétrica e temperatura, com equipamentos portáteis da marca WTW (Figura 5-5). Os resultados das medidas destes parâmetros encontram-se no Anexo 3 (Cidade Universitária - USP) e Anexo 4 (Vila Eutália). Após a estabilização dos parâmetros (Puls & Barcelona, 1996), a água foi amostrada em frascos de polietileno para envio ao laboratório para análise de cátions e ânions.

Além disso, logo após a amostragem eram realizadas as análises de alcalinidade da água e de amônio. Os testes de alcalinidade são realizados titulando-se H_2SO_4 de cerca de 0,01 N em volume conhecido de amostra de água (utilizou-se 100 mL, 50 mL ou 25 mL, dependendo da quantidade disponível). A amostra, tingida com indicador misto, indicará quando todo o sal causador da alcalinidade tiver reagido com o ácido H_2SO_4 0,01N, mudando de cor de verde para rosa. Deste modo, faz-se o cálculo da alcalinidade da seguinte maneira (expressa na forma de massa HCO_3^-):

$$m_{HCO_3^-} (mg) = \frac{N_{H_2SO_4} * V_{H_2SO_4} * 61,0174 * 10^3}{V_{amostra}}$$

onde:

$m_{HCO_3^-}$ = massa de HCO_3^- da amostra (mg)

$N_{H_2SO_4}$ = normalidade do ácido utilizado

$V_{H_2SO_4}$ = volume de ácido utilizado na reação

$V_{amostra}$ = volume de amostra utilizado

Transforma-se o resultado em ppm de CaCO_3 pela fórmula:

$$[\text{CaCO}_3](\text{ppm}) = m_{\text{HCO}_3^-} * 0,8202$$

onde:

$$[\text{CaCO}_3] = \text{concentração de } \text{CaCO}_3 \text{ em ppm}$$

Se toda a alcalinidade da amostra for resultado de espécies de carbono inorgânicas, a distribuição destas espécies em bicarbonato e carbonato pode ser calculada utilizando-se as constantes de equilíbrio para a reação de especiação e o pH medido para a amostra com as seguintes equações (Deutsch, 1997):

$$\text{HCO}_3^- (\text{mg} / \text{L}) = \frac{\text{Alcalinidade}(\text{mg} / \text{L } \text{CaCO}_3) * 61}{\left(1 + \frac{2 * 10^{-10,3}}{10^{-\text{pH}}}\right) * 50}$$

$$\text{CO}_3^{2-} (\text{mg} / \text{L}) = \frac{\text{Alcalinidade}(\text{mg} / \text{L } \text{CaCO}_3) * 60}{\left(2 + \frac{10^{-\text{pH}}}{10^{-10,3}}\right) * 50}$$

Os resultados dos testes de alcalinidade encontram-se listados nas tabelas do Anexo 3 (Cidade Universitária – USP) e Anexo 4 (Vila Eutália).

Para as análises de Amônio (e algumas de Nitrato) realizadas logo após a amostragem, foi utilizado o equipamento RQFlex[®], da Merck[®]. O processo consiste na inserção de tira própria para cada substância (amônio/nitrato) num frasco com amostra. Espera-se o tempo indicado para ocorrer a reação (1 minuto para nitrato e 8 minutos para amônio), e insere-se a tira no equipamento, que analisa a amostra na tira por reflectometria.

As amostras coletadas em campo foram filtradas com filtro de acetato de celulose 0,45 μm , com diâmetro de 47 mm, com o auxílio de uma bomba de vácuo elétrica, aplicando vácuo em porta-filtro da marca Nalgene[®]. As amostras dos frascos enviados para análise de cátions foram aciduladas com HNO_3 1:1, garantindo o rebaixamento do pH para valores inferiores a 2.

Após estes procedimentos, as amostras de água dos poços de monitoramento foram enviadas ao Laboratório de Hidrogeoquímica II do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP (CEPAS – IGc-USP) para a análise de ânions, e para o Laboratório de Química (ICP-AES) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG - IGc-USP) para a análise de cátions. Para a análise de $\delta^{18}\text{O}$, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGc-USP e, para a análise de $\delta^2\text{H}$, foram enviadas para o Laboratório

de Física Nuclear Aplicada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (LFNA-UFBA).

5.7. Amostragem de água da rede pública de abastecimento

Foi realizada a amostragem de água da rede pública de abastecimento. As amostras foram coletadas com periodicidade mínima bimestral.

A água da rede de abastecimento foi coletada no bairro da Vila Eutália, a partir do mês de março de 2004, e na Cidade Universitária, a partir de outubro de 2004, conforme permissão do PURA (Programa de Uso Racional de Água da USP). As amostras foram coletadas na conexão hidráulica mais próxima da rede de abastecimento “da rua”, ou seja, próximo aos registros de água de uma residência dentro da área de estudo no bairro da Vila Eutália e na USP, junto à entrada principal de água para o campus.

Do mesmo modo que as outras amostras de água, foram medidos os parâmetros físico-químicos da água, incluindo pH, Eh, condutividade elétrica, temperatura e alcalinidade. A água coletada foi analisada para os mesmos parâmetros que a água dos poços de monitoramento, e preparada da mesma maneira (filtração e acidulação, quando foi o caso).

As amostras também foram enviadas ao Laboratório de Hidrogeoquímica do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP (CEPAS – IGc-USP) para a análise de ânions, e para o Laboratório de Química (ICP-AES) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG - IGc-USP) para a análise de cátions. Para a análise de $\delta^{18}\text{O}$, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGc-USP e, para a análise de $\delta^2\text{H}$, foram enviadas para o Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (LFNA-UFBA).

5.8. Amostragem de água de chuva

A coleta de água de chuva foi realizada em três pontos diferentes: no bairro de Vila Eutália, no Parque São Lucas e na USP. Para a amostragem foi colocado um coletor de chuva (Figura 5-6), que consiste em um galão plástico, no qual foi instalado um funil, que vai até o fundo deste, de forma a evitar a volatilização de água, o que alteraria a qualidade da amostra. Do outro lado do galão amostrador é acoplada uma mangueira plástica, que fará com que, com o aumento da temperatura do ambiente, a água evaporada entre, porém, pelo comprimento da mangueira, não tenha capacidade de sair do sistema de coleta. Desta forma, com a diminuição da temperatura, o vapor da água na mangueira voltará para o galão.

O galão foi retirado todo último dia do mês para a coleta da amostra de chuva. A água foi transferida para frascos de polietileno para envio ao laboratório. Neste caso também as amostras de água foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos, incluindo pH, Eh, condutividade elétrica, temperatura e alcalinidade. A água coletada também foi analisada para os mesmos parâmetros que a água dos poços de monitoramento, e preparada da mesma maneira (filtração e acidulação, quando foi o caso).

As amostras foram enviadas ao Laboratório de Hidrogeoquímica do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP (CEPAS – IGc-USP) para a análise de ânions, e para o Laboratório de Química (ICP-AES) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG - IGc-USP) para a análise de cátions. Para a análise de $\delta^{18}\text{O}$, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas e, para a análise de $\delta^2\text{H}$, foram enviadas para o Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (LFNA-UFBa).

Figura 5-6. Coletor de chuva.

5.9. Análises de amostras de esgoto

Os resultados das análises mensais de esgoto foram gentilmente cedidos pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) responsáveis pelos efluentes da região da USP é a ETE Barueri e da região da Vila Eutália, a ETE Parque Novo Mundo. Os dados referem-se a análises do esgoto afluente à estação dos meses de julho de 2004 a junho de 2005. Os dados

utilizados neste trabalho referem-se apenas às análises de SO_4^{2-} , NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl, que é a soma do nitrogênio orgânico, amônia e amônio no tratamento biológico de águas residuais), NO_3^- e NH_3 , que apresentaram concentrações significativas no esgoto das áreas.

5.10. Monitoramento da precipitação

Os dados de precipitação diária do ano de 2004 e 2005 para a Cidade Universitária da USP foram cedidos pelo Instituto Astronômico e Geofísico da USP. No caso da região de Aricanduva e Penha os dados diários de precipitação dos anos de 2004 e 2005 foram cedidos pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Secretaria de Infra-Estrutura Urbana e Obras da Prefeitura da Cidade de São Paulo (CGE-SIURB).

5.11. Instalação de tensiômetros na Raia Olímpica

Os tensiômetros são instrumentos úteis na medição da pressão da água no solo na zona não saturada em campo, através do potencial ou a tensão de água no solo.

O tensiômetro consiste em um tubo preenchido por água destilada acoplado a um vacuômetro, com uma abertura para preenchimento por água na parte superior e uma cápsula de cerâmica na extremidade inferior (Figuras 5-7 e 5-8). Quando o tensiômetro é colocado no solo, a água do interior do equipamento tende a entrar em equilíbrio com a água do solo, fluindo através da cápsula de cerâmica. Quando entram em equilíbrio, a tensão de água no instrumento se iguala à tensão do solo, sendo então medida por um vacuômetro.

No dia 20 de abril de 2004 foram instalados 3 (três) conjuntos de tensiômetros, em 4 (quatro) profundidades diferentes na zona não saturada, na área de estudo da Raia Olímpica da Cidade Universitária da USP. As profundidades estudadas são 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m e 2,5 m.

Para a instalação do tensiômetro foi realizada a perfuração com trado helicoidal de 1" de diâmetro (Figura 5-9). Nas profundidades onde foi encontrada maior dificuldade de perfuração (cascalho, a cerca de 0,3 m de profundidade na área) foi utilizado trado helicoidal de 2". Ao atingir a profundidade desejada, era feita uma massa do material do solo com água destilada. Essa massa foi esfregada no tensiômetro, de forma a envolver a cápsula de porcelana, fornecendo a liga necessária para permitir que o tensiômetro funcione, e envolvendo o tubo, para facilitar a instalação deste no furo feito pelo trado no solo (Figura 5-10). Após a colocação do tensiômetro no furo de sondagem, parte do furo foi preenchida com solo (quando necessário) e a extremidade superior do furo foi preenchida com bentonita, para evitar o fluxo de água da superfície entre a parede do furo e o

tensiômetro. Acima da bentonita, a fim de proteger o conjunto, foi colocada camada de cimento.

Figura 5-7. Parte superior de tensiômetros com tampa para preenchimento com água destilada.

Figura 5-8. Parte inferior do tensiômetro com cápsula de porcelana.

Iniciou-se o monitoramento dos tensiômetros logo após sua instalação, em 24 de abril de 2004. A princípio as medidas foram feitas com a periodicidade mínima semanal, e em 25 de agosto de 2004 iniciou-se o monitoramento diário dos tensiômetros.

Quando as medidas dos tensiômetros parecem pouco usuais, como quando o vacuômetro começar a marcar zero, o solo pode estar seco, deste modo sugando toda a água do interior do vacuômetro. A tampa deve ser aberta para o preenchimento do tensiômetro com água destilada.

Figura 5-9. Perfuração para instalação de tensiômetro com trado helicoidal de 1\"

Figura 5-10. Instalação do tensiômetro.

Figura 5-11. Tensiômetros instalados na Raia Olímpica (indicados pela seta, próximo ao P3R).

5.12. Coleta e preparação de amostras para análise de isótopos de N em NO_3^-

Amostras selecionadas de poços da Vila Eutália foram coletadas, utilizando os procedimentos descritos anteriormente, no item 5.6 e foram preparadas para envio ao Laboratório de Isótopos Ambientais (EIL) da University of Waterloo. Após coletadas, as amostras foram filtradas com filtros de $0,45\ \mu\text{m}$ e congeladas até o processamento pelas colunas de resina de troca aniônica.

Inicialmente, deve-se ter o conhecimento de quanta água deve ser passada pela coluna para coletar de 3 a 5 mg de NO_3^- -N. Esta faixa ajudará a certificar-se que foi coletado nitrato suficiente para a análise isotópica sem saturar a capacidade de troca iônica da resina. Deste modo, realiza-se a análise de NO_3^- -N na amostra coletada. Neste caso, a análise foi feita com o auxílio do equipamento DR-2000 (Hach).

Após isso, deve ser calculado também quanto cloreto de bário dihidratado deve ser adicionado à amostra para precipitar todo o sulfato dissolvido como sulfato de bário. Desta forma, foi realizada a análise de SO_4^{2-} também com o auxílio do equipamento DR-2000. A quantidade de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ calculada pela fórmula a seguir é uma quantidade em excesso para se certificar que o sulfato é completamente removido mesmo que outros precipitados como o BaCO_3 sejam formados.

Com a concentração de sulfato dada em $\text{mg SO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}$:

$$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ (mg)} = [\text{SO}_4^{2-}] \times (\text{volume da amostra em L}) \times 7,5$$

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (mg) = quantidade de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a ser adicionada em mg

$[\text{SO}_4^{2-}]$ = concentração de sulfato em mg

Deve-se, então, analisar se as amostras devem ser evaporadas antes de passarem pelas colunas. Isso pode ser necessário por dois motivos: primeiramente, muitos litros de amostra podem ser necessários para coletar nitrato suficiente para análise isotópica. O volume é reduzido por evaporação para que a amostra possa ser processada pela coluna de troca aniônica dentro de um período de tempo razoável. O volume final das amostras deve ser de 500 ml ou menos. Em segundo lugar, as amostras devem ser aquecidas antes da precipitação de sulfato pela adição de cloreto de bário dihidratado. Deste modo, as amostras são colocadas sobre uma chapa quente numa capela e aquecidas a cerca de 60°C.

Após o aquecimento e/ou evaporação das amostras, o $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ deve ser adicionado à amostra e misturado, até a sua dissolução. Um precipitado branco, nuvioso, se forma. A chapa é desligada e as amostras são resfriadas de um dia para o outro. Novamente, filtram-se as amostras com um filtro de 0,45 μm pré-umedecido.

Antes do processamento das amostras pelas colunas, passa-se água deionizada para limpar o aparato. A amostra é colocada em um erlenmeyer e colocada a uma altura que permita a ela fluir por gravidade pela coluna, e a uma velocidade de cerca de 3 a 5 mL/min. A amostra é conectada à coluna por um tubo com uma rolha.

Quando a amostra terminar de gotejar pela coluna, os tubos e a rolha são retirados da coluna e novamente passa-se água deionizada pela coluna, duas vezes. A coluna é preenchida com água deionizada e tampada. Após isso, as colunas são refrigeradas até o envio ao laboratório da University of Waterloo.

5.13. Coleta e preparação de amostras para análise de Carbono Orgânico Dissolvido (DOC)

Foram coletadas amostras de todos os poços e enviadas à University of Waterloo para a análise de carbono orgânico dissolvido (DOC).

As amostras coletadas foram filtradas em filtro de 0,45 μm e armazenadas em frascos âmbar com capacidade para 25 mL. As amostras foram refrigeradas e mantidas sob refrigeração até o envio para a University of Waterloo.

6. RESULTADOS

6.1. Modelo Conceitual Hidrogeológico

6.1.1. USP

a) *Situação Geológica da Cidade Universitária da USP*

A confecção de seções geológicas a partir dos dados de perfis de poços de monitoramento permitiu a elaboração do modelo conceitual para a área da Cidade Universitária da USP. A geologia da área compreende uma seqüência de depósitos fluviais do rio Pinheiros, que tinha a área de estudo como sua planície de alagamento. Segundo perfurações para instalações de poços no estudo realizado por Iritani (1993), a espessura do pacote sedimentar varia de 10 a 71 m, sendo que o poço próximo à área de estudo apresenta o pacote sedimentar com espessura de 71 m. Alguns desses poços atravessam todo o pacote sedimentar, chegando ao cristalino e pode-se observar a presença de um manto de intemperismo do cristalino de cerca de 4 a 7 m de espessura.

Conforme a descrição dos materiais obtidos durante a perfuração dos poços instalados durante este estudo, os depósitos compreendem uma seqüência de materiais argilo-siltosos, gradando para arenosos até cerca de 7,5 m de profundidade. Esta camada foi denominada Aqüífero 1, e nela estão instalados os dois primeiros níveis de poços de monitoramento (a 4,5 m e 7,5 m de profundidade). Esta camada apresenta intercalações de argila orgânica em cerca de 3,0 m.

Sob o Aqüífero 1 ocorre uma camada de argila compacta, que foi denominada de Aqüitarde 1, por atuar como tal, conforme será abordado adiante, de aproximadamente 7,5 m de profundidade até a profundidade de cerca de 12,5 m.

Abaixo do Aqüitarde 1, localiza-se o Aqüífero 2, composto essencialmente por material conglomerático, com matriz arenosa fina a grossa, mal selecionada, porém com clastos subarredondados. Nesta camada estão instalados os poços referentes ao terceiro nível de monitoramento, a 13,5 m de profundidade.

A seção representativa desta área encontra-se apresentada a seguir (Figura 6-11), assim como a topografia da área (Figura 6-2).

Figura 6-1. Seção Geológica da Área da Raia Olímpica da USP.

Figura 6-2. Topografia da Área da Raia Olímpica da USP, indicando a posição aproximada das principais feições da área.

b) Descrição da Precipitação na Área

Foram cedidos os dados de precipitação diária do ano de 2004 e 2005 para a Cidade Universitária da USP, pelo Instituto Astronômico e Geofísico da USP.

É possível verificar que a precipitação para o ano estudado na área da Cidade Universitária foi de 1.407 mm (para o período de maio de 2004 a abril de 2005), sendo o mês mais chuvoso o de janeiro de 2005, com 321 mm de precipitação. O mês mais seco foi o mês de agosto de 2004, com apenas 5 mm de precipitação.

c) Monitoramento dos poços

O gráfico a seguir mostra um exemplo dos resultados do monitoramento diário dos poços da Cidade Universitária (P1R e P1C, sendo que o restante dos gráficos encontram-se no Anexo 5).

A observação do comportamento dos níveis da água nos poços de monitoramento (Figura 6-3) permitiu verificar que o período em que os níveis da Cidade Universitária encontraram-se mais baixos foi meados de outubro de 2004 (dias 13, 14). A partir deste mês, pode-se afirmar que foi iniciado o período de recarga do aquífero, indicado pelo aumento dos níveis (em todas as profundidades estudadas) de água subterrânea, que atingiu seu ápice no mês de fevereiro de 2005.

Nota-se que variações significativas nos níveis do aquífero ocorrem apenas após eventos diários de chuva maiores que 20 mm ou eventos mensais que somam mais que 100 mm (visto que apenas no mês de outubro os níveis reiniciam sua recuperação, Figura 6-4, Anexo 5).

Figura 6-3. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Cidade Universitária com o tempo. (os números apresentados nas legendas representam a profundidade dos poços em metros – com filtro até 1 m acima).

Cont. Figura6-3. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Cidade Universitária com o tempo. (os números apresentados nas legendas representam a profundidade dos poços em metros – com filtro até 1 m acima).

Figura 6-4. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Cidade Universitária com o tempo e chuva diária.

d) *Modelo Conceitual de Fluxo*

Com base no resultado de 1 ano e 4 meses de monitoramento dos poços, apoiado nos dados geológicos, foi elaborado um modelo conceitual do fluxo da água subterrânea da área em questão. Os dados de monitoramento, na forma de gráficos de nível versus tempo, estão representados no item anterior. Foram elaborados mapas potenciométricos para a área, para cada um dos três níveis monitorados (4,5 m, 7,5 m, 13,5 m). Os mapas potenciométricos demonstrados nesta tese correspondem às datas em que os níveis da água apresentaram-se mais baixo (na época de seca) e mais rasos (no período úmido), apresentados a seguir (Figuras 6-5 e 6-6). Os resultados dos slug tests para os poços estão listados na Tabela 6-1. As características hidráulicas dos níveis estão sumarizadas na Tabela 6-2.

A análise dos mapas potenciométricos nos permite verificar que o fluxo na Cidade Universitária para a época seca (12/10/2004) se dá na direção da Raia Olímpica da USP. O fluxo no primeiro nível de monitoramento (4,5 m) apresenta uma angulação em relação à Raia Olímpica, tomando um sentido para NE e refratando para ESE nas proximidades da Raia Olímpica. O nível da água está em cerca de 3,5 m de profundidade e o gradiente hidráulico apresentado na área é de 0,68%. Na região mais próxima à raia, este gradiente é um pouco mais pronunciado, de cerca de 1%. Considerando a condutividade hidráulica obtida nos testes de monitoramento para este nível, o fluxo seria de $8,4 \times 10^{-8}$ m/s para toda a área estudada e de $1,2 \times 10^{-7}$ m/s na região próxima à Raia Olímpica.

Tabela 6-1. Resultados dos *Slug tests* para os poços da Cidade Universitária.

Poço	Condutividade hidráulica (m/s)
P1R-4,5m	$1,2 \times 10^{-5}$
P1R-7,5m	$7,8 \times 10^{-6}$
P1R-13,5m	$2,0 \times 10^{-8}$
P2R-4,5m	$1,2 \times 10^{-5}$
P3R-4,5m	$2,5 \times 10^{-5}$
P3R-13,5m	$1,6 \times 10^{-6}$
P1C-4,5m	$1,3 \times 10^{-7}$
P1C-7,5m	$7,9 \times 10^{-5}$
P1C-13,5m	$2,2 \times 10^{-6}$
P2C-4,5m	$2,0 \times 10^{-7}$
P2C-7,5m	$6,2 \times 10^{-7}$
P2C-13,5m	$6,0 \times 10^{-6}$

Tabela 6-2. Características hidráulicas dos níveis monitorados na Cidade Universitária.

Nível	$K_{\text{mínimo}}$ (m/s)	$K_{\text{médio}}$ (m/s)	$K_{\text{máximo}}$ (m/s)	Nível da água (m)	Gradiente _{min}	Gradiente _{máx}
4,5m	$7,93 \times 10^{-6}$	$1,46 \times 10^{-5}$	$2,45 \times 10^{-5}$	3,5	0,68%	1%
7,5m	$7,78 \times 10^{-6}$	$7,78 \times 10^{-6}$	$7,78 \times 10^{-6}$	3,5	0,59%	1,09%
13,5m	$1,96 \times 10^{-8}$	$8,00 \times 10^{-7}$	$1,58 \times 10^{-6}$	4,0	0,04%	0,22%
Geral	$1,96 \times 10^{-8}$	$1,03 \times 10^{-5}$	$2,45 \times 10^{-5}$			

O segundo nível de monitoramento (7,5 m) praticamente não apresenta diferença em termos de gradiente hidráulico em relação ao primeiro (0,67% em geral e 1% próximo da raia). Porém, este nível apresenta uma mudança quanto ao padrão de fluxo, que se dá na direção SE e, quando mais próximo da raia, o fluxo se torna praticamente paralelo a esta. O nível da água para este nível de monitoramento também se encontra a cerca de 3,5 m de profundidade. Para este nível, considerando a condutividade hidráulica, bem similar a do primeiro nível de monitoramento, o fluxo seria de $5,2 \times 10^{-8}$ m/s para a área toda e de $8,2 \times 10^{-8}$ m/s na região próxima à raia.

Pelo nível médio de água dos poços, pode-se dizer que o fluxo vertical no Aquífero 1 é praticamente nulo. Porém, a observação detalhada de ambos os mapas potenciométricos mostra que o gradiente hidráulico existente entre os níveis de monitoramento 4,5 m e 7,5 m é mais aparente na região do CRUSP, na porção W da área de estudo (poços P1C e P2C). O gradiente existente entre os níveis nesta região causa fluxo ascendente na porção NW da área (região do poço P1C, que possui gradiente vertical de 2,13%) e descendente na porção SW da área (região do poço P2C, com gradiente vertical de 1,23%).

O ultimo nível de estudo para esta área é a 13,5 m de profundidade. Neste nível de estudo, a água subterrânea apresenta nível em cerca de 4 m de profundidade. O fluxo horizontal na área é pequeno, devido ao gradiente de cerca de 0,15%, e se dá na direção da raia, voltado para ESE. Este gradiente, aliado à condutividade hidráulica, indica um fluxo de cerca de $2,9 \times 10^{-11}$ m/s para a área como um todo. O gradiente vertical deste nível com relação ao Aquífero 1, principalmente devido à camada confinante que se sobrepõe a este nível de poços, é mais pronunciado. Entre o segundo nível de poços e este (7,5 e 13,5 m), o gradiente vertical é descendente e igual a 17,16%.

Para a época úmida (neste caso, o mapa elaborado refere-se ao dia 03/02/2005), o fluxo manteve seu padrão em direção à Raia Olímpica da USP. O fluxo no primeiro nível de monitoramento (4,5 m) neste período apresenta-se mais paralelizado em relação à Raia Olímpica, também se refratando para ESE nas proximidades da Raia. O nível da água está em cerca de 2,5 m de profundidade, caracterizando um aumento de cerca de 1 (um) metro no nível total do aquífero na área, e o gradiente hidráulico apresentado na área é de 0,91%, ou seja, pouco menor do que na época de seca. Na região mais próxima à raia, o gradiente também diminuiu para cerca de 0,83%, indicando um reflexo também do aumento do nível da raia e do rio Pinheiros na época mais chuvosa. Considerando a condutividade hidráulica obtida nos testes de monitoramento para este nível, o fluxo seria de $1,1 \times 10^{-7}$ m/s no geral e na região próxima a raia olímpica, portanto não representativamente diferente do fluxo existente na época de seca.

O segundo nível de monitoramento (7,5 m) continua apresentando padrão de fluxo com ângulo em relação à Raia Olímpica. O que ocorreu neste caso foi uma mudança no

gradiente hidráulico, que, ao contrário da época de seca, apresenta-se maior no geral do que na região próxima a raia, sendo respectivamente 1,09% e 0,59%. O nível da água para este nível de monitoramento também aumentou cerca de 1 m e encontra-se a aproximadamente 2,5 m de profundidade, identificando ainda o fluxo vertical quase nulo entre o primeiro e segundo nível. Para este nível, nesta época do ano, o fluxo seria de $8,5 \times 10^{-8}$ m/s em geral e de $4,6 \times 10^{-8}$ m/s na região próxima a raia.

No nível de 13,5 m de profundidade, o nível da água está em cerca de 3 m de profundidade, também indicando o aumento de aproximadamente 1 m no nível da água nesta época em relação ao período mais seco. O fluxo horizontal na área continua pequeno, com gradiente de 0,22% no geral, sendo que é ainda menor na porção entre os poços da Raia e do Crusp, de cerca de 0,04%, e aumentou significativamente na região da Raia Olímpica, estando em cerca de 1,92%. Este gradiente indica um fluxo de cerca de $4,3 \times 10^{-11}$ m/s para a área como um todo, $3,8 \times 10^{-10}$ m/s para a região da Raia Olímpica e $7,84 \times 10^{-12}$ m/s para a região entre os poços da Raia e os do CRUSP. O gradiente continua descendente entre o Aquífero 1 e este nível de poços, e é igual a 21,22%, ou seja, maior que no período de seca.

Para auxiliar no cálculo da recarga pelo método de Darcy, foram perfurados 4 poços de monitoramento adicionais na região da Raia Olímpica da USP. Dois foram instalados na extremidade da Raia próxima ao Portão 1 da USP e 2 poços instalados na extremidade próxima ao Portão 2. Os poços foram monitorados semanalmente desde o mês de junho até dezembro de 2005. Os gráficos de variação do nível da água não apresentam uma variação significativa destes poços no período de monitoramento, como pode ser observado na figura a seguir (Figura 6-8). No geral, houve um rebaixamento de, em média, 15 cm no nível dos poços. Pode-se observar que os poços que apresentaram o maior rebaixamento estão relacionados à extremidade jusante da Raia, próxima ao Portão 2 da USP, conforme se apresenta no mapa potenciométrico da Raia incluindo estes novos poços (Figura 6-7, representados na Figura 5-1 como pontos azuis).

Figura 6-5. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica no período seco (as setas indicam a direção do fluxo).

Figura 6-6. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica no período úmido (as setas indicam a direção do fluxo).

Figura 6-7. Mapa potenciométrico da região da Raia Olímpica com novos poços (as setas indicam a direção do fluxo).

Observa-se também que o período em que os níveis estiveram mais baixos corresponde ao início do mês de setembro de 2005. Este mês foi também o que apresentou o nível mais baixo para os poços da Raia Olímpica no ano de 2004, conforme foi observado anteriormente.

Figura 6-8. Resultado do monitoramento dos poços instalados nas extremidades da Raia Olímpica da USP. (vide potenciômetro, Fig. 6-7).

A observação do novo mapa potenciômetro permite concluir que há, no geral, uma tendência de fluxo para o primeiro nível em direção a NE da Cidade Universitária da USP, na área dos poços P3U e P4U.

e) Monitoramento da zona não saturada

Para verificação das condições de potencial hídrico na zona não saturada, foi realizado o monitoramento dos tensiômetros instalados na área da Cidade Universitária da USP. Tal monitoramento foi realizado com periodicidade diária. Três conjuntos de tensiômetros foram monitorados ao longo do período de monitoramento, de 24 de abril de 2004 a 25 de abril de 2005. O tensiômetro T1R encontra-se próximo ao poço P1R, o T2R está próximo ao poço P2R e o T3R próximo ao poço P3R. O nível do terreno foi tomado com base na topografia realizada na área. Foi convertida a leitura em mmHg realizada nos manômetros dos tensiômetros para mH₂O e esta medida foi corrigida para a posição do tensiômetro no perfil da zona não saturada.

É possível observar nos dados dos tensiômetros que no período de setembro a outubro de 2004 o primeiro nível monitorado (0,5 m) apresentou as pressões mais baixas. O declínio do potencial hídrico da zona não saturada iniciou-se em agosto. Estes dados indicam que este foi o período em que o solo esteve mais seco (agosto a outubro), em especial o nível 0,5 m (Figura 6-9), que desta forma não demonstra a ocorrência de recarga direta por infiltração de chuva. Os meses de agosto e setembro, como observado anteriormente, são os menos chuvosos no ano, com precipitação menor que cerca de 100 mm. Estes dados corroboram as observações dos níveis dos poços de monitoramento de que a infiltração é propiciada apenas em meses mais chuvosos que cerca de 100 mm. A partir do final de outubro o solo já possuía umidade suficiente para que a água infiltrada

logo se convertesse em recarga. Isso ocorreu para todos os grupos de tensiômetros analisados, como observado nos gráficos a seguir, que representam os resultados do monitoramento dos tensiômetros.

Figura 6-9. Resultado do monitoramento dos tensiômetros da Raia Olímpica da USP (TnR é o número do tensiômetro e os números após o hífen são a profundidade de instalação com relação à superfície do terreno).

6.1.2. Vila Eutália

a) Situação Geológica da Vila Eutália

A confecção de seções geológicas a partir dos dados de perfis de poços de monitoramento permitiu a elaboração do modelo conceitual para a área em questão. A geologia da área compreende sedimentos da Bacia de São Paulo relativos à Formação Resende. Esses sedimentos possuem em média 100 m de espessura, segundo Hirata & Ferreira (2001).

Segundo as perfurações realizadas durante este estudo, os depósitos compreendem essencialmente uma camada de materiais argilo-siltosos, com intercalações de argila acinzentada e de sedimentos mais arenosos. Esta seqüência se sobrepõe a uma camada de arenito maciço com estratificação cruzada acanalada, conforme pôde ser observado em um afloramento na área de estudo. A seqüência argilo-siltosa foi denominada de Aquífero 1, e sua espessura na área varia de 8 m nas porções mais a jusante na área até mais de 18 m nas porções mais a montante. A espessura da camada de arenito (Aquífero 2) não pode ser verificada neste estudo, já que os poços mais profundos foram instalados tão logo esta camada foi atingida pelas perfurações.

A seção representativa desta área encontra-se apresentada a seguir (Figura 6-10), bem como seu mapa topográfico (Figura 6-11).

Figura 6-10. Seção Geológica da Área da Vila Eutália.

Figura 6-11. Mapa topográfico da Área da Vila Eutália.

b) Descrição da Precipitação na Área

Os dados de precipitação dos anos de 2003, 2004 e 2005 para a região de Aricanduva e Penha, foram cedidos pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Secretaria de Infra-Estrutura Urbana e Obras da Prefeitura da Cidade de São Paulo (CGE-SIURB) (Figuras 6-12 e 6-13).

A precipitação para o ano estudado na área da Vila Eutália foi de 1.263 mm (para o período de maio de 2004 a abril de 2005), sendo o mês mais chuvoso o de janeiro de 2005, com 312 mm de precipitação, e o mês mais seco foi agosto de 2004, com nenhuma (0 mm) precipitação, segundo a estação Aricanduva. Utilizando-se os dados da estação Penha, o valor total de precipitação foi de 1.323 mm, sendo o mês mais chuvoso também o de janeiro de 2005, com 254 mm de precipitação e o mês mais seco foi agosto de 2004, com apenas 3 mm de precipitação.

Figura 6-12. Gráfico de precipitação acumulada por mês em mm para a região de Aricanduva (dados do CGE-SIURB).

Figura 6-13. Gráfico de precipitação acumulada por mês em mm para a região da Penha (dados do CGE-SIURB).

c) Monitoramento dos poços

Os gráficos a seguir representam as medidas diárias de nível de água realizadas nos poços de monitoramento no bairro da Vila Eutália.

A observação do comportamento dos níveis da água nos poços de monitoramento permitiu verificar que o mês em que os níveis da Vila Eutália encontraram-se mais baixos foi setembro de 2004, sendo que para alguns dos poços mais profundos, o nível mais baixo ocorreu em outubro de 2004 (Figura 6-14 e Anexo 6). A partir deste mês iniciou-se a recarga do aquífero, que atingiu seu ápice no final do mês de janeiro de 2005. Isto indica que, apesar de a área ser quase totalmente impermeabilizada, há um adiantamento de um mês da resposta dos níveis com relação à Cidade Universitária, que é uma área extremamente permeável para os padrões da Região Metropolitana de São Paulo. O mesmo ocorreu para a USP, em que aparentemente apenas chuvas maiores que 20 mm/dia ou 100 mm/mês causam respostas nos níveis da água subterrânea, é observado na Vila Eutália (Figura 6-15 e Anexo 6).

Figura 6-14. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Vila Eutália com o tempo (os números apresentados nas legendas representam a profundidade dos poços em metros – com filtro até 1m acima).

Figura 6-15. Gráficos de variação do nível da água dos poços da Vila Eutália com o tempo e chuva diária.

d) Modelo Conceitual de Fluxo

O primeiro passo na elaboração do modelo conceitual de fluxo na Vila Eutália foi o cadastro das tubulações observadas na área. O trabalho, conforme descrito anteriormente, consiste na identificação dos locais das tubulações de esgoto, água de abastecimento e águas pluviais e dos registros de parada (caixilhos onde a passagem de água pode ser ligada ou desligada pela SABESP) observáveis nas ruas. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar os tubos da rede de água e esgoto e da drenagem pluvial que porventura tenham fugas. Abaixo, encontram-se tabeladas as principais tubulações encontradas em campo (Tabela 6-3).

Após esta identificação, com base na integração dos resultados de 1 ano e 4 meses de monitoramento dos poços com as características geológicas e hidrogeológicas da área de estudo, foi elaborado um modelo conceitual do fluxo da área em estudo. Os dados do monitoramento de nível da água, representados em forma de gráficos de nível versus tempo, estão representados no item anterior. A partir da identificação dos períodos mais secos e úmidos, foram elaborados mapas potenciométricos para a área. Os níveis de poços monitorados foram divididos em três camadas, ou três níveis, dois deles localizados no Aquífero 1, e o terceiro localizado no Aquífero 2 (arenito). O primeiro nível é o nível superficial (ou livre), o segundo está abaixo das intercalações de argila ou logo acima do Aquífero 2.

Para a representação nesta tese, foi selecionada a data em que os níveis da água estiveram mais baixo (na época de seca) e mais rasos (no período úmido), similarmente à Cidade Universitária da USP. Estes mapas encontram-se representados nas figuras a seguir (Figuras 6-16 e 6-17). Os resultados dos slug tests estão listados na Tabela 6-4. As características hidráulicas dos níveis estão sumarizadas a seguir, na Tabela 6-5.

Tabela 6-3. Cadastro de tubulações e registros de parada na Vila Eutália.

Local	Fração de paralelepípedo (%)	Esgoto *	Águas Pluviais	Registro de parada
Rua Alcides Prado	0	Centro	-	-
Praça Miguel Arco e Flexa	75	Terço oposto à praça	-	-
Praça Fernando Gomes	100	Centro	-	-
Vila próximo à Praça Fernando Gomes	0	Terço	-	-
Rua Prof. Pereira Monteiro	0	Centro / terço par	Atravessa a rua próximo aos nºs 20, 49, 83 e 115	-
Rua Plínio Reis	0	Centro e próx. Nº 260 no terço par	-	-
Rua Padre Álvaro Negromonte	0	Terço montante	-	-
Rua Antonio Juvenal	0	Centro	-	-
Rua Visconde de Uruguai	0	Centro e próx. Nº 357 no terço montante	-	-
Rua Policarpo de Leão	0	Centro	Terço ímpar e próx. Nº 159 no centro	No cruzamento com Rua Prof. Pereira Monteiro no terço par
Rua Moacir Álvaro	0	Centro	Calçada ímpar	-
Rua Sérvulo de Castro	0	Próx. Nº 42 no centro e próx. Nº 101 no terço par	Atravessa a rua para prosseguir na Rua Moacir Álvaro	-
Rua Arquiteto Heitor de Mello	0	Terço par e próx. Nº 406 no centro	-	-
Cruzamento da Rua Arquiteto Heitor de Mello e Rua Prof. Shalders	0	Centro de ambas	-	Terço par da Rua Prof. Shalders
Rua Eng. Antonio Luis Ippolito	0	Terço par	-	-
Rua Ataulfo de Paiva	0	Terço ímpar	-	-
Rua Porto Lucena	0	-	Calçada	Esquina com Praça Ademar Tavares

* posição em relação à rua; - dado não adquirido/encontrado

A análise dos mapas potenciométricos nos permite verificar que o fluxo na Vila Eutália para a época seca (13/09/2004) se dá na direção do Rio Aricanduva. O fluxo no primeiro nível de monitoramento (Aquífero 1 superficial) converge para o vale da micro-bacia que corresponde a área de estudo. A profundidade do nível d'água varia de pouco menos de 1 m até cerca de 6m e o gradiente hidráulico apresentado na área é de 13.67% para a região intermediária até a porção montante da bacia, e de 3.36% para a porção a jusante. Considerando a condutividade hidráulica obtida nos testes de monitoramento para este

nível, o fluxo seria de 5.5×10^{-6} cm/s na porção a montante e de 2.0×10^{-6} cm/s na região a jusante.

Tabela 6-4. Resultados dos *Slug tests* para os poços da Vila Eutália.

Poço	Condutividade hidráulica (m/s)
P1V-3	$5,9 \times 10^{-5}$
P1V-9	$6,0 \times 10^{-5}$
P1V-13	$4,9 \times 10^{-5}$
P2V-3	$3,0 \times 10^{-4}$
P2V-7,5	$1,8 \times 10^{-4}$
P2V-12	$1,1 \times 10^{-5}$
P3V-6	$1,3 \times 10^{-6}$
P3V-15	$1,5 \times 10^{-4}$
P4V-7,5	$2,4 \times 10^{-4}$
P4V-15	$2,9 \times 10^{-5}$
P5V-8,7	$6,6 \times 10^{-6}$
P6V-4	$1,7 \times 10^{-7}$
P6V-18	$3,2 \times 10^{-5}$
P7V-6	$2,4 \times 10^{-6}$
P7V-15	$1,4 \times 10^{-6}$
P8V-7,5	$3,6 \times 10^{-6}$
P8V-12	$9,6 \times 10^{-5}$
P8V-15	$3,9 \times 10^{-6}$
P9V-4,5	$7,4 \times 10^{-5}$
P9V-9	$4,6 \times 10^{-5}$
P10V-7,5	$2,0 \times 10^{-4}$
P10V-15	$3,5 \times 10^{-5}$

Tabela 6-5. Características hidráulicas dos níveis monitorados na Vila Eutália.

Nível	$K_{\text{mínimo}}$ (m/s)	$K_{\text{médio}}$ (m/s)	$K_{\text{máximo}}$ (m/s)	Nível da água (m)	Gradiente _{min}	Gradiente _{máx}
1	$1,66 \times 10^{-9}$	$8,56 \times 10^{-7}$	$3,01 \times 10^{-6}$	1 – 8	4,46%	9,91%
2	$1,4 \times 10^{-8}$	$8,83 \times 10^{-7}$	$1,98 \times 10^{-6}$	2 – 8,5	4,5%	7,5%
3	$3,86 \times 10^{-8}$	$2,09 \times 10^{-7}$	$4,85 \times 10^{-7}$	6 – 11		6%
Geral	$1,7 \times 10^{-9}$	$7,2 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-6}$			

O segundo nível de monitoramento (Aquífero 1 inferior) apresenta gradiente hidráulico mais suave e mais homogêneo ao longo da área de estudo (9,91% para a região intermediária até a porção montante da bacia, e de 4,46% para a porção a jusante). O fluxo neste nível continua em direção ao rio Aricanduva, também com convergência, porém mais suave, para o vale da micro-bacia. O nível da água para este nível de monitoramento encontra-se a cerca de 3 m a 8 m de profundidade. Para este nível, considerando a condutividade hidráulica, o fluxo seria de $3,2 \times 10^{-8}$ m/s para a região intermediária e a montante e de $1,4 \times 10^{-8}$ m/s na região mais a jusante da micro-bacia.

Figura 6-16. Mapa potenciométrico da região da Vila Eutália no período seco (as setas indicam a direção do fluxo).

Figura 6-17. Mapa potenciômetro da região da Vila Eutália no período úmido (as setas indicam a direção do fluxo).

A observação dos mapas potenciométricos para estes dois níveis do Aquífero 1 demonstra a existência de gradiente hidráulico vertical. O gradiente existente entre os níveis nesta região favorece o fluxo vertical descendente neste aquífero (gradiente de 67,28% na região de montante – P6V – a 6,97% na região mais a jusante). Localmente ocorre gradiente vertical favorecendo fluxo ascendente, como na região do poço P4V, onde o gradiente vertical é de 29,05%. Neste caso, o gradiente ascendente pode ser causado pela infiltração de água do aquífero na tubulação de águas pluviais, que existe nas proximidades do poço P4V. A introdução de água do aquífero nas tubulações poderia provocar o rebaixamento do nível da água no poço instalado de 6,5 m a 7,5 m de profundidade, provocando o efeito de aparente fluxo ascendente neste ponto, devido também o caráter localmente confinado do aquífero monitorado no nível 15 m. A provável conexão hidráulica do aquífero e as tubulações nas proximidades do poço P4V-7,5 pode também ser verificado pelas rápidas respostas deste poço de monitoramento a eventos de chuva, chegando a variações de cerca de 0,5 m ao longo de apenas um dia, conforme observado na Figura 6-18.

Figura 6-18. Gráfico de variação do nível da água com o tempo dos poços P4V-7.5 e P4V-15, na Vila Eutália.

O terceiro nível de poços, localizados no Aquífero 2, apresenta nível da água em cerca de 6 m a 11 m de profundidade. O fluxo horizontal continua em direção ao rio Aricanduva, porém com menor gradiente hidráulico (cerca de 6,28%). Este gradiente, aliado à condutividade hidráulica, indica um fluxo de cerca de $4,1 \times 10^{-9}$ m/s neste nível. O fluxo

vertical não é tão evidente, mas é localmente ascendente (região do poço P8V, com gradiente de 31,9%) e descendente, com maior gradiente (89%), na região dos poços mais próximos ao rio Aricanduva. Há gradiente bastante pronunciado entre o segundo e o terceiro nível na região do poço P2V, 128,97%, sendo que este gradiente está relacionado à existência de caráter localmente suspenso do Aqüífero 1, que superpõe-se a uma lente de argila nesta área.

Para a época úmida (neste caso, o mapa elaborado refere-se ao dia 14/01/2005), o fluxo da água subterrânea para os três níveis de estudo manteve-se em direção ao rio Aricanduva. O nível da água está em cerca de 1 m a 6 m de profundidade. O aumento do nível da água, com relação à época de seca, não foi tão expressivo quanto o que ocorreu na Cidade Universitária, em geral não chegando a 0,5 m de variação. O gradiente hidráulico também não apresentou mudança significativa, sendo para este nível nesta época do ano de cerca de 11,39% para a região intermediária até a montante e de 3,06% para a região de jusante, ou seja, pouco menor do que na época de seca. Considerando a condutividade hidráulica obtida nos slug tests dos poços de monitoramento para este nível, o fluxo seria de $6,8 \times 10^{-8}$ m/s na porção a montante e intermediária e de $1,8 \times 10^{-8}$ m/s na porção de jusante.

O segundo nível de estudo (Aqüífero 1 inferior) também continua com fluxo em direção ao rio Aricanduva durante o período úmido. A variação do nível com relação à época de seca foi de menos de 0,5 m na porção intermediária e a jusante da área e na porção superior a variação foi em torno de 1 m. No caso deste segundo nível, ao contrário do primeiro, o gradiente teve um leve aumento, sendo cerca de 10,25% para a porção a montante e intermediária e 4,88% para a porção mais a jusante. Para este nível, nesta época do ano, o fluxo seria de $3,3 \times 10^{-8}$ m/s para a porção intermediária e a montante e de $1,6 \times 10^{-8}$ m/s na região mais a jusante.

O gradiente existente entre os níveis nesta região no período úmido favorece o fluxo vertical descendente neste aqüífero (gradiente de 35,14% na região de montante – P6V – a 6,5% na região mais a jusante). Nesta época também ocorre localmente gradiente vertical favorecendo fluxo ascendente, na região do poço P4V, porém significativamente menor do que na época de seca, sendo agora de 9,6%.

No Aqüífero 2 (arenito) também não houve expressivas mudanças no padrão de fluxo. A variação do nível com relação ao período mais seco não excedeu 0,5 m. O gradiente teve pouca mudança, tendo aumentado levemente para cerca de 6,6%. O fluxo, portanto, não mudou significativamente, sendo agora $4,3 \times 10^{-9}$ m/s. O fluxo vertical manteve o mesmo padrão, sendo localmente ascendente (região do poço P8V, com gradiente de 39,2%, pouco maior do que no período de seca) e descendente, com maior gradiente (99,2%), na região dos poços mais próximos ao rio Aricanduva. Nesta época também continua sendo

bastante pronunciado o gradiente existente entre o segundo e o terceiro nível na região do poço P2V, 126,1%, relacionado à existência de caráter localmente suspenso do Aquífero 1.

6.2. Modelo Conceitual Hidroquímico

Com o intuito de identificar a existência de maior influência antrópica ou de infiltração direta de chuva na recarga da água subterrânea das áreas da Cidade Universitária da USP e da Vila Eutália, uma das ferramentas utilizadas foi a avaliação hidroquímica dos aquíferos locais. Desta forma, tentou-se separar a água dos poços em dois grandes grupos:

1. Com possível presença de contaminação urbana, em especial de esgoto;
2. Sem aparente influência de contaminação urbana.

Conforme sugerido por Barrett *et al.* (1999), múltiplos indicadores químicos devem ser utilizados, devido à dificuldade de se encontrar um ideal, particular a uma fonte. Os parâmetros selecionados para atender a este objetivo foram F^- , Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ e SO_4^{2-} , que poderiam indicar presença de contaminação por esgoto nas áreas.

O fluoreto pode ser um indicador de vazamentos de água de abastecimento, que é fluoretada, mas sua concentração pode ser controlada por solubilidade ou sorção, além deste íon precipitar na presença de cálcio.

O cloreto é um composto que pode estar presente em diversas fontes, mas no caso de vazamentos de esgoto pode ser especialmente importante, pela sua presença no sal de cozinha e na urina. O cloreto é transportado na mesma velocidade do fluxo da água subterrânea, quase não sofrendo sorção no solo e o principal agente de alteração de sua concentração deve ser a solubilidade.

Os compostos nitrogenados podem ser indicadores de presença de contaminação por esgoto. O amônio é distintivo de esgoto, mas raramente é observado em condições aeróbicas, já que é rapidamente convertido para nitrato, da seguinte maneira:

O nitrato também é sensível a condições de oxi-redução, podendo sofrer desnitrificação, principalmente em condições anóxicas e com disponibilidade de matéria orgânica (aqui representado como DOC, Appelo & Postma 2005):

A desnitrificação é causada pela bactéria *Thiobacillus denitrificans*, mas outras podem desnitrificar na ausência de carbono orgânico, utilizando fontes de elétrons como Mn^{2+} , Fe^{2+} , sulfeto e CH_4 (Clark & Fritz 1997). Portanto, além da diluição, a própria cadeia de

reações no ciclo do nitrogênio pode ser responsável pela variação da concentração das espécies nitrogenadas no aquífero.

O sulfato foi utilizado como indicador de contaminação urbana por Hughes (1998 *apud* Barrett *et al.* 1999) e Barrett *et al.* (1999), mas também pode ser derivado da oxidação de minerais, como a pirita, além de ser derivado de H_2SO_4 industrial, evaporitos e derivados. Neste estudo, foi testada a sua capacidade de utilização, verificando a sua presença nas fontes e sua relação com outros parâmetros.

Desta forma, foi realizada a caracterização das fontes (natural e antrópica) para verificar a presença dos parâmetros indicadores selecionados. Após a caracterização das fontes, foram analisados os resultados das amostras dos poços de monitoramento, buscando a classificação da água subterrânea nas áreas, através da construção e interpretação de diagramas de Piper. Estes diagramas podem indicar a similaridade da água subterrânea com as fontes antrópicas e sua variação composicional ao longo do sistema de fluxo subterrâneo. Adicionalmente, os compostos selecionados como indicadores de influência antrópica foram avaliados na água subterrânea, a fim de verificar o comportamento dos compostos no aquífero das áreas e o seu comportamento ao longo do ciclo hidrológico.

Após a avaliação hidroquímica foi realizada a caracterização isotópica das fontes e da água subterrânea nas áreas, a fim de corroborar o modelo hidroquímico, estabelecendo, além da avaliação qualitativa, uma avaliação quantitativa da influência da recarga antrópica nas áreas estudadas.

6.2.1. USP

A precipitação na Cidade Universitária, coletada mensalmente ao longo do período de estudo, de junho de 2004 a maio de 2005, apresenta em geral baixa concentração de solutos, em especial quanto aos parâmetros indicadores selecionados (Tabela 6-6 e análises completas no Anexo 7) e condutividade elétrica na faixa de $10 \mu\text{S}/\text{cm}$. O provável efeito observado na infiltração e recarga pela chuva na área seria a diluição das concentrações dos solutos no aquífero.

Tabela 6-6. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de chuva.

	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Máximo	0,10	0,95	3,16	0,70	5,19*
Médio	0,05	0,32	1,26	0,58	1,48
Mínimo	<0,02	<0,50	<0,50	0,30	0,93

* apenas uma amostra apresentou esta concentração, que foi setembro/04, o mês seguinte ao mais seco do ano, que provavelmente teve efeito de "lavagem" da atmosfera. Em geral as concentrações não chegaram a 2 mg/L .

As amostras da SABESP apresentam maior quantidade de todos os solutos, inclusive os selecionados como indicadores, conforme pode ser observado na tabela a seguir (Tabela 6-7 e análises completas no Anexo 8), assim como pela condutividade elétrica, em média de cerca de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabela 6-7. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de água da companhia de abastecimento.

	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Máximo	0,72	4,08	0,74	<0,2	6,11
Médio	0,68	3,93	0,65	<0,2	5,26
Mínimo	0,64	3,64	0,50	<0,2	4,53

Como indicado anteriormente, os compostos selecionados, em especial Cl^- , NO_3^- e NH_4^+ , são solutos indicadores de contaminação por dejetos humanos e animais. Observa-se que o SO_4^{2-} apresenta concentração maior na água de abastecimento. Para confirmar a possibilidade de se utilizar o SO_4^{2-} como indicador de contaminação por esgoto foram observadas as concentrações no esgoto afluente à Estação de Tratamento de Esgoto que abrange a região da Cidade Universitária da USP, a ETE Barueri. Além disso, foram observadas as concentrações de NTK, NO_3^- e NH_3 , conforme a tabela a seguir (detalhes no Anexo 9).

Tabela 6-8. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de esgoto da ETE Barueri (dados cedidos pela SABESP).

	N-NTK (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_3 (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Máximo	82,10	0,66	69,61	93,99
Médio	62,19	0,24	56,33	73,27
Mínimo	49,44	0,05	45,12	48,35

É notável a presença de amônia, que em contato com a água rapidamente se protona e se converte em amônio NH_4^+ .

Além disso, as outras reações comuns de nitrificação e desnitrificação podem ocorrer no aquífero, conforme indicado anteriormente.

Cerca de 180 amostras de água subterrânea foram coletadas na área de estudo da Raia Olímpica para a análise de cerca de 22 parâmetros químicos (cátions e ânions maiores, menores e traços), além de físico-químicos (pH, Eh, condutividade elétrica e temperatura). Os resultados das análises encontram-se no Anexo 3. A análise dos parâmetros permitiu verificar a assinatura geoquímica da água subterrânea na área da Raia Olímpica da Cidade Universitária da USP.

Apesar de ser considerada a área não-urbanizada para os padrões de São Paulo, foi possível, de acordo com os resultados obtidos, verificar a presença de contaminação por vazamentos das tubulações de esgoto na água subterrânea da região da Raia Olímpica da Cidade Universitária da USP.

O pH médio das amostras da USP é de 7,7, com média de Eh de 93 mV, temperatura média de 22,8°C, que corresponde aproximadamente à temperatura média do ar na região, de 21°C, e condutividade elétrica média de 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo 3). A condutividade elétrica apresenta o valor mais alto que a média da área na região do poço P2C-4,5, chegando a cerca de 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os parâmetros químicos analisados foram plotados, para todos os poços, em diagrama de Piper modificado, incluindo NO_3^- no vértice junto ao Cl^- e K^+ no vértice junto ao Na^+ , conforme pode ser observado na figura a seguir (Figura 6-19).

Figura 6-19. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Cidade Universitária da USP. Nível 1 refere-se aos poços instalados a 4,5 m; Nível 2, a 7,5 m e Nível 3, a 13,5 m.

A análise desses diagramas indica a presença de água bicarbonatada cálcio-sódica/potássica, por vezes levemente mais cálcica e outras levemente mais sódico-potássica. Em geral, não há uma variação muito grande na composição da água

subterrânea, como pode ser observado nos gráficos acima, onde cada um dos círculos plotados no diagrama indica uma amostra mensal de água subterrânea de um poço. Os poços que apresentam maior variação composicional são os do Nível 1 de monitoramento, ou seja, aqueles instalados a 4,5 m de profundidade. Isto pode ser notado pelo espalhamento da nuvem relativa a estes poços. A composição química dos poços deste nível apresenta maior variação com o tempo e está mais próxima aos valores da SABESP, principalmente com relação aos ânions, provavelmente por estarem mais rasos e, portanto, mais susceptíveis à recarga e à contaminação pelos vazamentos da rede pública de abastecimento de água e esgoto. As amostras dos poços destes níveis por vezes se apresentam mais sódico-potássicas, outras mais cálcicas, e por vezes mais bicarbonatadas, outras mais sulfatadas, conforme pode ser observado nos diagramas de Piper modificados. O poço que apresenta menor variação dentre os instalados a 4,5 m é o poço P3R-4,5.

Observando as concentrações médias dos parâmetros indicadores nas amostras da água subterrânea, apresentadas na tabela abaixo, verifica-se que o poço mais próximo ao que pode ser o background da área é o P3R-13,5, que apresenta concentrações baixas de todos os parâmetros, exceto no caso de SO_4^{2-} , que é mais baixo na área para o poço P3R-7,5.

Tabela 6-9. Valores médios dos parâmetros indicadores nas amostras dos poços de monitoramento da Cidade Universitária da USP.

Poço		F ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	SO ₄ ²⁻ Mg/L
P1R	4,5	0,08	10,41	0,62	9,40	16,40
	7,5	0,27	19,15	0,04	1,03	3,02
	13,5	0,12	2,23	0,07	0,24	5,28
P2R	4,5	0,05	3,53	0,05	3,86	14,32
P3R	4,5	0,06	8,83	0,17	3,08	2,33
	7,5	0,43	10,00	0,09	0,91	0,31
	13,5	0,13	1,97	0,05	0,31	5,63
P1C	4,5	0,06	9,88	0,06	4,26	13,25
	7,5	0,07	12,38	0,03	3,12	0,19
	13,5	0,11	6,98	0,06	0,40	0,74
P2C	4,5	1,19	86,25	0,82	1,45	32,53
	7,5	0,15	10,72	0,03	2,11	2,09
	13,5	0,22	28,60	0,09	0,52	3,16

O fluoreto não apresenta concentrações significativas e distintivas nos poços, que auxiliariam na clara identificação deste parâmetro como indicador de contaminação. O poço P2C-4,5, por outro lado, mostra concentração média de fluoreto de cerca de 1 mg/L, que poderia indicar que neste ponto há maior influência de vazamentos da água de abastecimento ou dissolução de minerais com flúor presentes no sedimento. A segunda

hipótese é descartada, conforme dados obtidos por Martins (tese em preparação) para os sedimentos ocorrentes na área, que demonstra ausência deste tipo de material.

O cloreto ocorre em concentrações médias maiores em geral no Aquífero 1 da área (até 7,5 m de profundidade), com exceção do poço P2C-13,5, em que a concentração é maior que a do P2C-7,5. No contexto do Aquífero 1, o cloreto apresenta em geral concentrações médias pouco maiores no segundo nível de monitoramento, próximo à base do aquífero, com exceção do poço P2C-4,5, que apresenta a maior concentração média de cloreto na área e maior que a concentração de P2C-7,5.

O nitrato é praticamente ausente na área, com valores menores que 1 mg/L, porém se observa concentrações significativas de amônio, o que pode indicar a ocorrência de ambiente anaeróbico, inibindo a nitrificação. Isso ocorre caso a contaminação seja diretamente descarregada na água subterrânea, quase sem contato com o ar e o oxigênio na zona não saturada do aquífero. O amônio ocorre em concentrações significativas principalmente no primeiro nível de monitoramento dos aquíferos, reduzindo com a profundidade. O Aquífero 1, da mesma forma que para o cloreto, é o mais atingido pela contaminação por amônio, em especial a região do poço P1R-4,5. O ambiente anaeróbico é ainda indicado pela presença de carbono orgânico dissolvido (COD), que potencialmente consome o oxigênio presente na água para a oxidação da matéria orgânica antes que ele esteja disponível para a nitrificação, pela seguinte reação:

O COD está presente em maiores concentrações no nível mais raso, a 4,5 m, em especial nos poços P1R-4,5 e P2C-4,5, diminuindo sua concentração com a profundidade. A presença do COD em concentrações acima de aproximadamente de 3 mg/L na água (Clark and Fritz 1997) já é indicativa de carga orgânica contaminando o aquífero, no caso, provavelmente vazamentos da rede de esgoto. Desta forma, pode-se dizer que as concentrações existentes, em particular no Aquífero 1, representam a contaminação deste aquífero, assim como o cloreto e o amônio.

Finalmente, o sulfato está presente em maiores concentrações no nível mais raso do aquífero, a 4,5 m de profundidade, diminuindo significativamente nos níveis 7,5 m e 13,5 m. Os poços com maior contaminação por sulfato são o P1R-4,5 e P2C-4,5, corroborando os dados de COD, cloreto e amônio. O sulfato tem potencial de utilização para indicador de contaminação, porém não apresenta as mesmas tendências à diferença de concentrações entre Aquífero 1 e o Aquífero 2 (este abaixo do aquítarde) quanto o cloreto, o amônio e o COD. Na verdade, o sulfato apresenta concentrações no Aquífero 2 um pouco maiores que as do nível 7,5 m do Aquífero 1, o que poderia indicar a formação de SO_4^{2-} por processos químicos existentes no próprio aquífero. A presença de minerais que poderiam oxidar para

sulfato, como a pirita, está descartada para os primeiros metros do Aquífero 1, conforme resultados de Martins (em preparação).

Tabela 6-10. Valores de COD nos poços de monitoramento da Cidade Universitária da USP.

Poço		mg C/L
P1R	P1R-4,5	9,7
	P1R-7,5	3,7
	P1R-13,5	1,3
P2R	P2R-4,5	4,9
P3R	P3R-4,5	4,4
	P3R-7,5	2,9
	P3R-13,5	2,8
P1C	P1C-4,5	3,3
	P1C-7,5	4,0
	P1C-13,5	2,6
P2C	P2C-4,5	8,7
	P2C-7,5	3,8
	P2C-13,5	2,9

Para verificar a distribuição dos principais parâmetros na área de estudo, foram construídos mapas de concentração de Cl^- e NH_4^+ para os períodos de seca (mês em que os níveis d'água subterrânea se apresentaram mais baixos, no caso, outubro de 2004) e úmidos (mês em que os níveis d'água subterrânea se apresentaram mais elevados, neste caso, fevereiro de 2005).

Os mapas que apresentam a concentração de cloreto (Figuras 6-20 e 6-21) não indicam uma mudança muito grande entre os padrões existentes para o primeiro (4,5 m) e o terceiro (13,5 m) níveis de monitoramento. Em geral, a concentração é decrescente no sentido do fluxo, tanto para o período úmido quanto para o de seca, e a maior concentração está relacionada à área do poço P2C (a 4,5 m, apresenta concentrações de cerca de 39 mg/L para o período de seca e 49 mg/L para o úmido, sendo que apenas este poço apresenta tendência ao aumento da concentração se comparando os meses de outubro e fevereiro, mas em geral, como pode ser observado no Anexo 3, sua concentração é menor no meses mais úmidos em relação aos secos). No terceiro nível, as concentrações de cloreto são pouco maiores no período de seca com relação ao úmido (13,5 m, com até 16 mg/L) e, para o primeiro nível (4,5 m), são maiores no período úmido. O segundo nível apresenta um padrão peculiar para a concentração de cloreto, já que a concentração é decrescente no sentido do fluxo para o período úmido e crescente para o período de seca (chegando a 14 mg/L no período de seca e cerca de 12,5 mg/L no período úmido), mas em geral sem muita variação entre os dois períodos.

Os mapas de amônio (Figuras 6-22 e 6-23) demonstram concentração crescente para o primeiro nível na direção do fluxo da água subterrânea (de até cerca de 5,6 mg/L no

período de seca e 12 mg/L no período úmido). No caso do amônio, o poço que apresenta maiores concentrações é o P1R-4,5, conforme já observado com os valores médios para cada poço. Isto poderia indicar a presença de fonte de contaminação relacionada a tubulações de esgoto do prédio de treinamento da Raia Olímpica, localizado próximo a este poço. Tanto para o segundo quanto para o terceiro níveis a decrescência da concentração se dá em direção à Raia Olímpica, indicando o aporte de contaminação na região próxima ao CRUSP, decrescendo em direção à Raia principalmente por diluição ao longo do sistema de fluxo e por recarga. Há também diminuição de concentração com a profundidade, conforme também indicado pelos valores das concentrações médias, observados anteriormente, e concordantes com os outros parâmetros, como cloreto, sulfato e COD. Com relação aos períodos de seca e recarga, nota-se que as concentrações aumentam no período de recarga para os poços do Aquífero 1 próximos à Raia Olímpica e decaem nos poços próximos ao CRUSP, provavelmente por diluição por infiltração de chuva na região do CRUSP e maior carga advinda da fonte do prédio de treinamento da Raia Olímpica. No terceiro nível, a concentração permanece baixa e aproximadamente constante em ambos os períodos, sendo que chega a cerca de 0,74 mg/L no período de seca e cerca de 0,66 mg/L no período úmido.

Conclui-se que os poços que apresentam maior índice de contribuição urbana são os poços do Aquífero 1, em especial os rasos, do nível 4,5 m, com diminuição da concentração para o nível 7,5 m e em direção à Raia Olímpica, no sentido de fluxo. A maior parte da influência urbana na recarga está nos poços localizados nas proximidades do CRUSP, em especial os poços P1C-4,5 e P2C-4,5, e ainda a área do poço P1R-4,5, que apresentam evidente contaminação segundo todos os parâmetros analisados, em especial Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} e COD. O poço com menor contribuição urbana, em especial de esgoto, segundo os parâmetros químicos é o P3R-13,5, que representaria aproximadamente o background da área.

Há uma diferença significativa entre as concentrações dos compostos observadas no Aquífero 1 e no Aquífero 2, indicando a diminuição de contribuição urbana no segundo aquífero. Esta menor contribuição está provavelmente relacionada à presença da camada argilosa entre o nível 7,5 m e 13,5 m, com cerca de 5 m de espessura, que atuaria como proteção do aquífero inferior aos vazamentos das tubulações de água e esgoto que influenciam diretamente o aquífero superior.

Figura 6-20. Mapas de isoconcentrações de Cl no período de seca.

Figura 6-21. Mapas de isoconcentrações de Cl no período úmido.

Figura 6-22. Mapas de isoconcentrações de NH₄⁺ no período de seca.

Figura 6-23. Mapas de isoconcentrações de NH₄⁺ no período úmido.

6.2.2. Vila Eutália

A mesma abordagem para a avaliação química utilizada para a Cidade Universitária da USP foi aplicada à área de estudo da Vila Eutália. Desta forma, observou-se que similarmente à USP, na Vila Eutália a precipitação coletada no período de junho de 2004 a maio de 2005, apresenta em geral concentrações baixas de íons, em especial de cátions, que em sua maior parte eram indetectáveis pelos métodos utilizados no Laboratório de Química do IGc-USP (Tabela 6-11 e análises completas no Anexo 10). Quanto aos parâmetros indicadores de contaminação selecionados, nenhum deles indicou concentrações que seriam marcadoras da assinatura química da chuva. Deste modo, para fins químicos, assim como na área da Cidade Universitária da USP, a água da precipitação foi considerada como diluente da concentração de íons no aquífero. A condutividade elétrica da chuva medida na área é de 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabela 6-11. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de chuva.

	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Máximo	0,23	3,50	7,73	-	8,94*
Médio	0,07	0,92	2,63	0,6	2,92
Mínimo	0,02	0,36	0,95	-	1,59

* apenas uma amostra apresentou esta concentração, como para a USP, que foi setembro/04, o mês seguinte ao mais seco do ano, que provavelmente teve efeito de lavar a atmosfera. Em geral as concentrações não chegaram a 3,5 mg/L.

As amostras da SABESP da Vila Eutália, similarmente às da SABESP da USP, apresentam concentrações de íons maiores que as observadas nas amostras de chuva, com condutividade elétrica em média de 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A tabela a seguir indica os resultados das análises das amostras da água de abastecimento da SABESP coletadas na Vila Eutália, as análises completas estão apresentadas no Anexo 11. Os parâmetros que mais se destacam nestas análises são o flúor, o cloreto e o sulfato, significativamente maiores que as concentrações da chuva.

Tabela 6-12. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de água da companhia de abastecimento na Vila Eutália.

	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Máximo	0,73	6,31	1,26	0,10	7,25
Médio	0,67	4,62	0,77	0,05	5,16
Mínimo	0,64	3,64	0,54	0,01	2,93

Os mesmos parâmetros selecionados nas amostras da água de abastecimento da SABESP para a área da USP foram observados nas amostras da SABESP da Vila Eutália. Os dados fornecidos pela SABESP referem-se ao esgoto afluente à Estação de Tratamento

de Esgoto que cobre a região da Vila Eutália, a ETE Parque Novo Mundo. Os resultados das análises estão designados a tabela a seguir (detalhes no Anexo 12).

Tabela 6-13. Valores dos parâmetros indicadores nas amostras de esgoto da ETE Parque Novo Mundo (dados cedidos pela SABESP).

	N-NTK (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
Máximo	36,17	1,47	32,06	42,35
Médio	27,19	0,47	21,78	34,83
Mínimo	22,21	0,01	16,03	13,20

Os compostos nitrogenados, especialmente amônia, neste caso, apresentam concentrações altas no esgoto, assim como o sulfato. Desta forma, buscou-se encontrar os parâmetros indicadores selecionados na água subterrânea, como forma de obter a influência urbana na recarga da água subterrânea local.

Um total de cerca de 305 amostras de água subterrânea foram coletadas na área de estudo da Vila Eutália para a análise de aproximadamente 22 parâmetros químicos (cátions e ânions maiores, menores e traços), além de físico-químicos (pH, Eh, condutividade elétrica e temperatura). Os resultados das análises encontram-se no Anexo 4.

O pH médio das amostras da Vila Eutália é de 6,2, em ambiente em geral oxidante, com média de Eh de 246 mV, temperatura média de 23,6°C e condutividade elétrica média de 335 µS/cm.

A análise química da água subterrânea na Vila Eutália permitiu verificar sua assinatura geoquímica. Os parâmetros analisados foram plotados, para cada um dos poços, assim como para a área da USP, em diagramas de Piper modificados, incluindo NO₃⁻ no vértice junto ao Cl⁻ e K⁺ no vértice junto ao Na⁺, conforme pode ser observado na figura a seguir (Figura 6-24).

A análise desses diagramas indica a presença de água bicarbonatada cálcio-sódica/potássica, por vezes levemente mais cálcica, outras levemente mais sódico-potássica e por vezes mais cloretada-nitratada que bicarbonatada. Assim como para a USP, os poços dos níveis mais rasos apresentaram maior espalhamento da nuvem de pontos no diagrama de Piper modificado. O observado na USP é que este espalhamento poderia estar relacionado à contribuição antrópica. Isto também possivelmente ocorre na Vila Eutália, porém em maior escala, já que há notável variação composicional tanto para as amostras do Nível 1 e gradualmente menor para o Nível 2 de monitoramento, e significativamente menos para o Nível 3 (embora também ocorra para este nível). Esta análise preliminar indica a maior influência urbana nesta área de estudo comparada à USP.

Figura 6-24. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Vila Eutália.

A maioria das amostras se encaixa na categoria mais sódico-potássica que cálcica. As mais cálcicas estão principalmente relacionadas ao primeiro nível de estudo (Aqüífero 1 superior), com exceção das amostras P2V-3, P3V-6 e P9V-4,5, que são mais sódico-potássicas. Estas amostras estão localizadas na mesma vertente da bacia, a vertente leste e, a P3V-6 e P9V-4,5 provavelmente fazem parte de um mesmo tubo de fluxo, o que poderia justificar a composição semelhante. Os outros dois níveis de estudo compreendem amostras mais sódico-potássicas, com exceção dos poços P6V-18 para o Nível 2 e P2V-12 e P8V-15 para o Nível 3, que são mais cálcicas.

Alguns poços são notavelmente destacados no diagrama pela composição mais cloretada-nitratada, como P2V-3, P4V-7,5 (de outubro de 2004 a abril de 2005, portanto durante o período mais chuvoso), P9V-4,5 e P9V-9. Estes poços estão indicados na Figura 6-25, e, por representarem uma porção mais rasa do aqüífero e pela sua localização próxima a tubulações de água e esgoto, possivelmente representem maior contribuição por vazamentos dessas estruturas. Na porção do diagrama relativa aos cátions, nota-se a grande variação composicional da água destes poços, de cálcica a sódico-potássica.

Figura 6-25. Diagrama de Piper modificado para as amostras da Vila Eutália, destacando os poços com nível mais alto de contaminação.

As concentrações médias dos compostos selecionados foram verificadas na água subterrânea de forma a estabelecer uma avaliação preliminar da influência urbana na recarga da Vila Eutália (Tabela 6-14, análises completas no Anexo 4). Verificou-se que os poços menos contaminados, ou com menor concentração média dos parâmetros indicadores, podendo ser considerado o background da área, são o P4V -15, localizado na vertente leste, na porção mais a montante da área e o P8V-15, situado na vertente oeste, na porção mais a montante da área.

Do mesmo modo que para a USP, o fluoreto não apresentou concentrações significativas e distintivas, talvez por efeito de sorção ou precipitação, como citado anteriormente, devido à disponibilidade de cálcio na água subterrânea da área (concentração média de 31 mg/L e máxima de 109 mg/L).

O cloreto ocorre em concentrações médias maiores, em geral, nas porções mais rasas da água subterrânea, em todos os poços do Nível 1 e nos poços do Nível 2 de monitoramento. No Nível 3, ocorre em maiores concentrações médias na porção mais a jusante da área.

Tabela 6-14. Valores médios dos parâmetros indicadores nas amostras dos poços de monitoramento da Vila Eutália.

Poço		F ⁻ Mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L
P1V	3	0,11	27,36	2,73	2,14	8,26
	9	0,23	58,18	1,00	0,86	6,28
	13	0,15	42,14	0,30	0,45	1,37
P2V	3	0,04	33,24	73,12	0,08	3,05
	7,5	0,40	52,54	10,75	0,10	9,57
	12	0,56	66,25	1,51	0,10	10,16
P3V	6	0,20	16,29	26,63	0,08	7,13
	15	0,50	14,63	0,91	0,41	1,54
P4V	7,5	0,06	27,27	16,80	0,35	0,37
	15	0,07	1,70	0,52	0,08	0,34
P5V	8,7	0,15	21,25	36,46	0,23	21,13
P6V	4	0,15	19,15	38,25	0,08	8,88
	18	0,13	8,60	9,84	0,07	1,66
P7V	6	0,21	19,81	11,01	0,18	3,29
	15	0,36	19,32	0,39	0,11	6,63
P8V	7,5	0,10	13,52	13,35	0,19	1,30
	12	0,05	14,95	3,52	0,14	1,05
	15	0,14	2,11	0,66	0,54	1,66
P9V	4,5	0,18	26,11	35,29	0,32	13,28
	9	0,06	39,57	0,07	0,45	1,74
P10V	7,5	0,13	22,88	25,45	0,22	7,92
	15	0,15	12,48	0,07	0,42	1,51

Cinza escuro: Nível 1; cinza claro: Nível 2; Branco: Nível 3.

O nitrato ocorre em altas concentrações em praticamente todos os poços do Nível 1 de monitoramento, com exceção do poço P2V-3. As concentrações diminuem significativamente do Nível 1 para o Nível 2, sendo praticamente inexistente no Nível 3, com exceção ao poço P5V-8,7 que, apesar de localizar-se no Nível 3, está monitorando a porção rasa, próximo ao nível d'água do aquífero na área. Nesta área, ao contrário da USP, a infiltração da água pela zona não saturada com maior contato com oxigênio, assim como condições possivelmente mais oxidantes nesta porção do aquífero, possibilitou a ocorrência de nitrificação. Outra indicativa da transformação de espécies nitrogenadas mais reduzidas a nitrato é a praticamente ausência de amônio na água subterrânea da área, em geral concentrações menores que 1 mg/L, com exceção do poço P1V-3, que apresentou concentração média de 2,14 mg/L.

O sulfato está presente em maiores concentrações nos Níveis 1 (em especial o poço P9V-4,5) e 2 de monitoramento, assim como o cloreto e o nitrato, confirmando a contaminação indicada por estes parâmetros. Os poços P2V-12 e P5V-8,7, no Nível 3 de monitoramento, também apresentam concentrações significativas de sulfato. A presença de

nitrito e sulfato no poço P5V-8,7 confirma a relação com contaminação, observada na forma de concentrações relativamente altas de nitrito neste poço.

Diferentemente da USP, na Vila Eutália vê-se apenas em porções localizadas da área concentrações de COD maiores que os 3 mg/L que seriam considerados naturais. Nem todos os poços foram analisados nesta área para COD. Das amostras analisadas, aquelas que apresentaram maiores concentrações de COD estão ligadas aos poços P1V (níveis 2 e 3), P2V-12 e P3V. Deste modo, o COD na Vila Eutália não foi conclusivo para a determinação de áreas contaminadas por vazamentos do sistema de esgoto (Tabela 6-15).

Tabela 6-15. Valores de COD nos poços de monitoramento da Vila Eutália.

Poço		mg C/L
P1V	3	1,8
	9	5,4
	13,5	3,5
P2V	3	1,4
	7,5	1,8
	12	6,5
P3V	6	3,6
	15	15,2
P5V	8,7	2,4
P6V	4	2,8
	18	1,1
P7V	6	1,6
	15	1,7
P8V	7,5	2,5
	12	0,9
P9V	4,5	1,1
	9	0,9
P10V	7,5	2,0
	15	1,1

Para verificar a distribuição destes parâmetros na área de estudo, foram construídos mapas de concentração de Cl^- , NO_3^+ e NH_4^+ para os períodos de seca (mês em que os níveis d'água subterrânea se apresentaram mais baixos, setembro de 2004) e úmido (mês em que os níveis d'água subterrânea se apresentaram mais elevados, janeiro de 2005).

Os mapas com a distribuição da concentração de cloreto (Figuras 6-26 e 6-27) indicam uma tendência de aumento da concentração, no geral, para todos os níveis, em direção a jusante da área, na direção do poço P1V. Nota-se a presença de concentrações maiores associadas aos poços P4V-7,5 (cerca de 33 mg/L no período de seca e 25 mg/L no período úmido) e P2V-3 (cerca de 34 mg/L no período de seca e 31 mg/L no período úmido), para o Nível 1 de monitoramento. Nos Níveis 2 e 3, toda a porção baixa da área, jusante, e a região do poço P2V apresentam concentrações maiores que o background da área (que é

de cerca de 2 mg/L), chegando a aproximadamente 60 mg/L no Nível 2 e 120 mg/L no Nível 3 na seca, enquanto no período úmido as concentrações são de, respectivamente, 31 mg/L e 38 mg/L). Outra observação é com relação à diminuição da concentração de cloreto no período úmido, provavelmente devido à diluição das concentrações pela água infiltrada de chuva, que tem baixa concentração deste ânion.

Com relação aos mapas de nitrato (Figuras 6-28 e 6-29), pode-se observar também uma concentração maior relacionada à área do poço P2V-3 (cerca de 70 mg/L no período de seca e 60 mg/L no período úmido) e P9V-4,5 (cerca de 34 mg/L no período de seca e 31 mg/L no período úmido) para o Nível 1 de estudo, confirmando que o Cl presente em concentrações mais altas nas amostras de água subterrânea deva estar relacionado à contaminação por vazamentos da rede de esgoto existente na área e está de acordo com o espalhamento das nuvens de pontos observado no diagrama de Piper modificado. Para o Nível 2 observa-se a presença de nitrato relacionado aos poços P6V-18 e P10V-7,5, porém em concentrações bem menores que aquelas relacionadas ao primeiro nível de estudo (28 mg/L para a seca e 16 mg/L para o período úmido). O Nível 3 apresenta concentrações maiores para o poço P5V-8,7 (cerca de 35 mg/L para a seca e de 25 mg/L para o período úmido). Assim como para o cloreto, foi possível observar para o nitrato a ocorrência de diluição das concentrações no período úmido, já que as concentrações apresentam-se mais baixas na área que no período de seca. Por outro lado, amostras de poços como P2V-7,5, P2V-12 e P9V-9 apresentam valores relativamente altos de cloreto e flúor, porém baixos de nitrato, sugerindo que outro processo possa estar consumindo o nitrato na área, possivelmente desnitrificação.

Com isso, verifica-se que todos os níveis estão atingidos por influência urbana na recarga da água subterrânea, em especial os Níveis 1 e 2 de monitoramento, diminuindo para o Nível 3. Segundo a análise química, os poços com maior contribuição urbana são o P2V-3, P4V-7,5, P9V-4,5 e P9V-9. O poço do Nível 3 que apresenta maior concentração dos parâmetros indicadores é o P5V-8,7.

Figura 6-26. Mapas de isoconcentrações de Cl⁻ no período de seca.

Figura 6-27. Mapas de isoconcentrações de Cl⁻ no período úmido.

Figura 6-28. Mapas de isoconcentrações de NO₃⁻ no período de seca.

Figura 6-29. Mapas de isoconcentrações de NO₃⁻ no período úmido.

a) *Verificação de evidências de desnitrificação – utilização de isótopos estáveis de N e O em NO₃⁻*

Durante a análise dos dados, verificou-se a existência de diluição dos contaminantes durante o período de recarga da USP e da Vila Eutália, em especial devido à variação das concentrações de cloreto nas áreas, que é em geral menor no período mais chuvoso. Na Vila Eutália, diferentemente da USP, ocorrem concentrações relativamente altas de NO₃⁻. Este composto pode sofrer atenuação de suas concentrações não apenas por diluição, como foi observado na área, mas também por desnitrificação.

O nitrato é estável apenas sob condições altamente oxidantes, e uma das maneiras de haver desnitrificação é na presença de matéria orgânica. Esta seria uma das maneiras de se explicar a ocorrência de menores ou maiores concentrações de nitrato no aquífero da Vila Eutália. A estequiometria geral da reação de desnitrificação pelo consumo da matéria orgânica é, conforme apresentado anteriormente (Appelo & Postma 2005):

Deste modo, uma maneira utilizada para verificar se esta reação estaria ocorrendo, foi a verificação da relação entre as concentrações de bicarbonato e de nitrato presente nas amostras de água da área. Para tanto, uma análise preliminar foi realizada através da construção de perfis da área para nitrato e bicarbonato. Foi verificada se a tendência de aumento ou diminuição de um dos compostos tinha relação inversa com a do outro, como seria esperado pela reação de desnitrificação.

Foi observado, então, que em alguns casos esta relação era visível (Figura 6-30 e Anexo 13), o que indicaria que esta forma de atenuação poderia ocorrer. Para comprovar as evidências de ocorrência de desnitrificação com esta avaliação preliminar, uma forma mais definitiva é a definição da assinatura isotópica do nitrato, com relação a $\delta^{15}N$ e $\delta^{18}O$ em NO₃⁻. Uma vez verificada a relação entre NO₃⁻ e HCO₃⁻, foram selecionadas amostras para a determinação da assinatura isotópica do nitrato. Para a realização das análises de $\delta^{15}N$ em NO₃⁻ é necessário que a concentração de N-NO₃⁻ fosse de, no mínimo, 3 a 5 mg/L. Deste modo, seis poços foram selecionados para a coleta de água subterrânea, sendo eles: P1V-3, P1V-9, P2V-3, P8V-7,5, P8V-12, P9V-4,5.

Figura 6-30. Perfis e localização dos perfis com concentrações de NO_3^- e H_2CO_3^* em mg/L para o período de seca na área da Vila Eutália. As setas indicam a tendência de aumento das concentrações.

A análise de isótopos de N e O em NO_3^- pode auxiliar na identificação da fonte de contaminação de NO_3^- na água. Cada faixa de valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- relaciona-se a uma fonte potencial de contaminação por NO_3^- , conforme pode ser observado na Figura 6-31, a seguir. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ maiores que 10 ‰ indicam que a fonte é provavelmente dejetos animais e humanos. A combinação de valores enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- (acima de 10 ‰ para ambos) indica a presença de processos de desnitrificação no aquífero.

Figura 6-31. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ X $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- e as diferentes fontes possíveis de contaminação por NO_3^- . (Clark & Fritz, 1997).

As seis amostras de água subterrânea coletadas na Vila Eutália, conforme descrito anteriormente, foram analisadas isotopicamente. Os resultados de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- indicaram, para todas as amostras coletadas na Vila Eutália, valores bastante enriquecidos para os dois isótopos (Tabela 6-16). Além disso, a disponibilidade de carbono orgânico na área (Tabelas 6-15 e 6-16), conforme citado anteriormente, é um dos fatores que permite a ocorrência da reação de desnitrificação. As relações observadas de NO_3^- e HCO_3^- inversamente proporcionais é corroborada com os dados de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- .

Tabela 6-16. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália. As concentrações de N-NO_3^- e DOC (carbono orgânico dissolvido) também estão tabeladas.

Poço	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{15}\text{N}$	N-NO_3^- (mg/L)	DOC (mg C/L)
P1V-3	-	52,7	0,8	1,8
P2V-3	7,4	14	17,3	1,4
P2V-7,5	16,6	36,2	5,1	1,8
P8V-7,5	14,2	29,1	2,9	2,5
P8V-12	10,9	17,8	0,7	0,9
P9V-4,5	10,1	19,1	6,4	1,1

O mapa a seguir apresenta a distribuição das concentrações de NO_3^- , com os valores de HCO_3^- e $\delta^{15}\text{N}$.

Figura 6-32. Concentrações de NO₃⁻ e H₂CO₃⁻ em mg/L e δ¹⁵N para o período de seca na área da Vila Eutália.

Figura 6-33. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália.

É possível observar também que, em geral, menores concentrações de NO_3^- estão relacionadas a valores mais enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$, como pode ser observado no gráfico a seguir (Figura 6-34). Esta observação é mais uma evidência de que o enriquecimento isotópico se dá pela desnitrificação na área, ou seja, que a diminuição da concentração de nitrato na área seria pela desnitrificação, além de diluição.

Figura 6-34. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ X concentração de N-NO_3^- nas amostras de água subterrânea da Vila Eutália.

Pode-se concluir que a ausência ou a concentração mais baixa de nitrato em determinado poço na área da Vila Eutália não pode ser tomada como ausência ou baixa contaminação por esgoto em determinado local. Isto confirma a importância da utilização de parâmetros químicos múltiplos na identificação da influência urbana na recarga da água subterrânea.

6.3. Resultados de isótopos estáveis de ^{18}O e ^2H em água

Os isótopos estáveis em água também foram utilizados para avaliar a contribuição urbana na recarga. A assinatura isotópica das fontes de recarga natural (chuva) e urbana (água de abastecimento da SABESP) foi determinada, bem como a assinatura da água subterrânea ao longo do sistema de fluxo em ambas as áreas estudadas. Esta caracterização serve de base para o cálculo da contribuição urbana na recarga da USP e da Vila Eutália.

As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da USP para $\delta^{18}\text{O}$ e pelo Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (LFNA-UFBA) para $\delta^2\text{H}$.

6.3.1. USP

Cerca de 18 amostras de chuva, três amostras de água da companhia de abastecimento e 180 amostras de água subterrânea foram coletadas na área de estudo da Cidade Universitária da USP para a análise de isótopos estáveis de ^{18}O e ^2H .

Figura 6-35. Valores mensais de precipitação e de $\delta^{18}\text{O}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP.

Figura 6-36. Valores mensais de precipitação e de $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP.

Os resultados das análises de isótopos estáveis de ^{18}O e ^2H na precipitação para a Cidade Universitária da USP indicaram que os valores mais empobrecidos destes isótopos estão relacionados aos meses mais chuvosos, enquanto valores mais enriquecidos relacionam-se a meses mais secos, como pode ser observado nos gráficos a seguir, que representam os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e o total mensal precipitado. Além disso, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ em geral apresentam sincronismo entre si, estando os valores mais empobrecidos de $\delta^{18}\text{O}$ relacionados aos mais empobrecidos de $\delta^2\text{H}$ e o mesmo ocorre para os valores mais enriquecidos.

Os dados de chuva permitiram ainda determinar a reta meteórica local para a Cidade Universitária da USP, representada na Figura 6-37. A reta meteórica deve ser construída com base nos dados de pelo menos 1 ano de amostragem da precipitação de um local. A inclinação da reta meteórica da USP indica proximidade de inclinação à reta meteórica global, ou seja, próximo a 8.

A média ponderada da chuva foi calculada em função da quantidade mensal de chuva em relação à composição isotópica daquele mês, da seguinte maneira:

$$\text{Média}_{\text{ponderada}} = \frac{\sum_{n=1}^{12} \delta^{18}\text{O}_n \cdot P_n}{P_{\text{anual}}}$$

Onde:

n = número do mês

P_n = precipitação no mês n

P_{anual} = precipitação anual

A mesma conta utilizada para o $\delta^{18}\text{O}$ é utilizada para o $\delta^2\text{H}$. A média ponderada para a composição isotópica das chuvas da Cidade Universitária da USP para um ciclo hidrológico completo monitorado (1 ano, com início em abril de 2004 e final em março de 2005) indicou valores de $\delta^{18}\text{O}$ de -5,7‰ e de $\delta^2\text{H}$ de -40,8‰.

Amostras da água de abastecimento da SABESP mostraram valores bem próximos entre si, e também bem próximos aos valores da média ponderada das chuvas, estando a diferença dentro da casa do erro de medição, que é de $\pm 0,2\text{‰}$ para $\delta^{18}\text{O}$ e $\pm 1,0\text{‰}$ para $\delta^2\text{H}$. O valor médio da água da companhia de abastecimento público (SABESP) é -5,3‰ para $\delta^{18}\text{O}$ e -40,2‰ para $\delta^2\text{H}$.

A proximidade dos valores das médias da SABESP com a média ponderada de chuvas para o período amostrado faz com que a distinção entre as duas fontes de recarga seja impraticável. Porém, ao aplicar um corte de 100 mm na precipitação, considerando que apenas chuvas maiores que este valor realmente atingiriam o aquífero, é observada uma

diferença maior entre as duas fontes (natural e antrópica) para o mesmo ano amostrado (abril de 2004 a março de 2005). A influência dos 100 mm é observada também nos dados de monitoramento de nível da água e de monitoramento da zona não saturada, como tratado anteriormente, no item 6.1. Os novos valores de média ponderada, considerando apenas os dados de meses em que a precipitação foi maior que 100 mm, são de -5,9‰ e -45,1‰, respectivamente para $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$.

Figura 6-37. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta meteórica local para a Cidade Universitária da USP (LMWL), reta meteórica global (GMWL, Craig 1961) e médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm).

Os valores médios de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ de cada poço da Cidade Universitária da USP estão representados no gráfico da Figura 6-38, a seguir. Os valores tabelados encontram-se no Anexo 14. Os resultados dos poços da Cidade Universitária indicaram que os poços mais rasos apresentam valores mais enriquecidos tanto em termos de $\delta^{18}\text{O}$ quanto de $\delta^2\text{H}$. Os poços de 4,5 m apresentaram valores mais enriquecidos que os instalados a 7,5 m e estes, por sua vez, são mais enriquecidos que os poços instalados a 13,5 m. Para os poços localizados próximo ao CRUSP (PnC), a diferença entre os valores dos poços de 4,5 m e 7,5 m é menos evidente, sendo os valores similares entre si e aos poços instalados a 4,5 m próximos à Raia Olímpica da USP (PnR), estando a diferença dentro da casa do erro

analítico. É possível ainda notar que estes poços dividem-se em dois grupos no gráfico de $\delta^{18}\text{O}$ X $\delta^2\text{H}$. O primeiro grupo (circulado em verde) apresenta valores tanto de $\delta^{18}\text{O}$ quanto de $\delta^2\text{H}$ próximos aos valores da média da SABESP e representa quase todos os poços localizados no Aquífero 1 (poços P1R-4.5, P1R-7.5, P2R-4.5, P3R-4.5, P1C-4.5, P1C-7.5, P2C-4.5 e P2C-7.5). O segundo grupo, representado no gráfico por uma elipse azul, apresenta valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ mais próximos aos valores da média ponderada da chuva e representa os poços localizados no Aquífero 2 e o poço P3R-7.5 (P1R-13.5, P3R-7.5, P3R-13.5, P1C-13.5 e P2C-13.5).

Figura 6-38. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta meteorológica local para a Cidade Universitária da USP, reta meteorológica global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e médias para os poços instalados na Cidade Universitária.

Os poços PnG, representados no gráfico da Figura 6-38, são poços tubulares profundos que estão instalados ao lado do Instituto de Geociências da USP. Estes poços encontram-se instalados até 50 m (P2G-50), nos depósitos sedimentares da Bacia de São Paulo e em parte na porção intemperizada do aquífero cristalino, e até 300 m (P1G-200), no aquífero cristalino, com uma fratura produtiva a cerca de 200 m de profundidade. Para estes poços foi possível observar a semelhança entre os valores isotópicos com os outros valores da Cidade Universitária. As amostras do poço instalado no aquífero cristalino apresentam

composição isotópica mais empobrecida do que a das médias ponderadas da chuva na Cidade Universitária da USP, indicando proveniência mais antiga, onde potencialmente a composição isotópica era diferente da atual. Por sua vez, as amostras do poço instalado no aquífero sedimentar e cristalino intemperizado apresentaram valores isotópicos próximos aos poços de monitoramento mais rasos da Cidade Universitária da USP, indicando a influência da recarga mais recente e potencial contaminação por vazamentos da rede de água e esgoto nas proximidades arredores deste poço.

6.3.2. Vila Eutália

Similarmente à USP, foram coletadas cerca de 16 amostras de chuva, 7 amostras de água da companhia de abastecimento e 218 amostras de água subterrânea na área de estudo da Vila Eutália, que foram analisadas quanto a isótopos estáveis de ^{18}O e ^2H .

Figura 6-39. Valores mensais de precipitação e de $\delta^{18}\text{O}$ na água da chuva da Vila Eutália.

Figura 6-40. Valores mensais de precipitação e de $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Vila Eutália.

Os resultados das análises de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na precipitação para a Vila Eutália indicaram que, assim como para a Cidade Universitária da USP, os valores mais empobrecidos destes isótopos estão relacionados aos meses mais chuvosos, enquanto valores mais enriquecidos relacionam-se a meses mais secos, como pode ser observado nos gráficos a seguir, que representam os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e o total mensal precipitado. Da mesma forma que na USP, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ apresentam também sincronismo entre si, estando os valores mais empobrecidos de $\delta^{18}\text{O}$ relacionados aos mais empobrecidos de $\delta^2\text{H}$ e o mesmo ocorre para os valores mais enriquecidos. O mês de agosto não apresenta resultado já que não houve precipitação no local amostrado.

Os dados de chuva permitiram ainda determinar a reta meteórica local para a Vila Eutália, representada na Figura 6-41. Assim como na região da USP, a inclinação da reta meteórica da Vila Eutália indica proximidade de inclinação à reta meteórica global (próximo a 8, Craig 1961). A média ponderada para a composição isotópica das chuvas da Vila Eutália para um ciclo hidrológico completo monitorado (1 ano, com início em abril de 2004 e final em março de 2005, calculado conforme citado anteriormente) indicou valores de $\delta^{18}\text{O}$ de -6,6‰ e de $\delta^2\text{H}$ de -47,6‰. É possível notar uma diferença significativa entre a média ponderada dos valores isotópicos de chuva da Vila Eutália com o valor de média ponderada para a USP (-5,7‰ para $\delta^{18}\text{O}$ e -40,8‰ para $\delta^2\text{H}$), o que não ocorre se comparados os dados individuais mensais para as duas áreas. Isto se dá devido à diferença de volume mensal de precipitação nas áreas estudadas, sendo que nos meses mais chuvosos, o volume de chuva é maior na Vila Eutália que na USP.

Amostras da água de abastecimento da SABESP mostraram valores bem próximos entre si, estando a diferença dentro da casa do erro de medição ($\pm 0,2\text{‰}$ para $\delta^{18}\text{O}$ e $\pm 1,0\text{‰}$ para $\delta^2\text{H}$). O valor médio da água da companhia de abastecimento público (SABESP) é -4,9‰ para $\delta^{18}\text{O}$ e -36,8‰ para $\delta^2\text{H}$.

Do mesmo modo que para a Cidade Universitária da USP, foi aplicado um valor de corte de 100 mm na precipitação, considerando que apenas chuvas maiores que este valor realmente atingiriam o aquífero. Neste caso também é observada uma diferença maior entre as duas fontes (natural e antrópica) para o mesmo ano amostrado (abril de 2004 a março de 2005). A influência dos 100 mm é observada também nos dados de monitoramento de nível da água para a Vila Eutália. Os novos valores de média ponderada, considerando apenas os dados de meses em que a precipitação foi maior que 100 mm, são de -7,3‰ e -53,4‰, respectivamente para $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$.

Figura 6-41. Valores mensais de $\delta^{18}O$ e δ^2H na água da chuva da Vila Eutália, reta meteórica local para a Vila Eutália (LMWL), reta meteórica global (GMWL, Craig 1961) e médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm).

Os valores médios de $\delta^{18}O$ e δ^2H de cada poço da Vila Eutália estão representados no gráfico da Figura 6-42, a seguir. Os valores tabelados encontram-se no Anexo 15. Similarmente à USP, os resultados dos poços da Vila Eutália indicaram que os poços mais rasos em geral apresentam valores mais enriquecidos tanto em termos de $\delta^{18}O$ quanto de δ^2H e mais próximos aos valores da água de abastecimento da SABESP. Os poços mais próximos da porção a jusante aparentemente apresentam-se também mais enriquecidos tanto em termos de $\delta^{18}O$ quanto de δ^2H que os poços na porção mais a montante da área. É possível notar que estes poços dividem-se em três grupos bem definidos no gráfico de $\delta^{18}O$ X δ^2H . O primeiro grupo (circulado em verde) apresenta valores tanto de $\delta^{18}O$ quanto de δ^2H próximos aos valores da média da SABESP (poços P1V-3, P6V-4, P9V-4.5 e P10V-7.5), e são poços em geral localizados no Nível 1 de monitoramento. O segundo grupo, representado no gráfico por uma elipse azul, apresenta valores de $\delta^{18}O$ e δ^2H mais próximos aos valores da média ponderada da chuva (P2V-12, P3V-15, P4V-15, P6V-18, P7V-15, P8V-7.5, 12 e 15, e P10V-15), e são poços em geral localizados no Nível 2 e 3. O terceiro grupo, representado no gráfico pela elipse vermelha, apresenta valores de $\delta^{18}O$ e

$\delta^2\text{H}$ intermediários aos outros dois grupos (P1V-9, P1V-13.5, P2V-3 e 7.5, P3V-6, P4V-7.5, P5V-8.7, P7V-6, P9V-9 e P10V-7.5), e são poços localizados nos Níveis 1, 2 e 3 de monitoramento.

Figura 6-42. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Vila Eutália, reta meteórica local para a Vila Eutália, reta meteórica global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e médias para os poços instalados na Vila Eutália.

6.4. Cálculo de Recarga

Com base nos resultados apresentados, relativos aos dados de monitoramento dos aquíferos e da precipitação das duas áreas, assim como das características geológicas e hidrogeológicas e os dados isotópicos, foi realizado o cálculo da recarga nas áreas estudadas. Os métodos utilizados neste cálculo foram o de flutuação dos níveis potenciométricos, as aproximações darcynianas, um balanço hídrico simplificado e o método isotópico. O objetivo foi, com a comparação dos diferentes métodos, obter uma estimativa confiável da recarga nas áreas de estudo e avaliar a contribuição urbana na recarga da água subterrânea. Os resultados obtidos estão indicados a seguir.

6.4.1. USP

a) Flutuações dos Níveis Potenciométricos

Na quantificação da recarga pelo método da variação dos níveis potenciométricos, considerou-se que o aumento dos níveis de água registrados nos poços de monitoramento

da área esteja diretamente relacionado à resposta do aquífero local aos eventos de recarga. O ano hidrogeológico considerado neste cálculo foi o de maio de 2004 a abril de 2005. O método baseou-se nos resultados obtidos pelo monitoramento dos níveis de água dos poços, de modo a obter a variação dos valores de carga hidráulica por um determinado período de tempo.

Conforme abordado anteriormente, o período de início da recarga na Cidade Universitária da USP foi o mês de outubro de 2004, quando os níveis apresentaram os valores mais baixos, e o pico da recarga foi o mês de fevereiro de 2005. Assim sendo, pode-se considerar a variação (Δh) como sendo a diferença entre o nível mínimo, considerando a tendência à diminuição do nível da água para o ano (se este continuasse a cair) (h_0) e o pico de carga hidráulica (h_1) registrados no mesmo poço, como representado na Figura 6-43. Desta forma, foram calculados os Δh para cada um dos níveis de poços monitorados na USP.

A equação utilizada para o cálculo da recarga pelo presente método é a seguinte:

$$R = S_y \cdot \Delta h / \Delta t$$

Onde:

R = Recarga;

S_y = Vazão específica;

Δh = variação na carga hidráulica;

Δt = intervalo de tempo analisado.

Figura 6-43. Cálculo do Δh no gráfico de variação dos níveis.

A vazão específica (specific yield) é a razão entre o volume de água drenada por gravidade de uma rocha saturada pelo volume total da rocha (Fetter 2001). Neste caso, o valor de vazão específica adotado foi o valor médio para areia fina / areia siltosa, com base nos valores apresentados por Johnson (1967) apud Fetter(2001) (Tabela 6-17) e com base nos resultados de porosidade total e classe textural obtidos por Paixão (2005) para a Raia Olímpica da Cidade Universitária da USP.

Tabela 6-17. Vazão específica em % (Modificado de Johnson, 1967 apud Fetter,2001)

Material Geológico	Máximo	Mínimo	Média
Argila	5	0	2
Argila arenosa	12	3	7
Silte	19	3	18
Areia fina	28	10	21
Areia média	32	15	26
Areia grossa	35	20	27
Areia com pedregulho	35	20	25
Seixo fino	35	21	25
seixo médio	26	13	23
seixo grosso	26	12	22

Os valores obtidos para a recarga na Cidade Universitária (Tabela 6-18) são compatíveis com os obtidos por Iritani (1993). O valor de recarga considerando o valor médio de vazão específica foi de 246 mm/ano, que se aproxima bem do valor obtido por Iritani (1993), de 250 mm/ano (utilizando-se, porém do método de aproximações darcynianas). O valor médio obtido representa 17,5% do total de chuvas registrado para o ano hidrológico correspondente ao período de maio de 2004 a abril de 2005 (1407 mm).

Tabela 6-18. Cálculo de recarga utilizando-se da variação dos níveis potenciométricos.

Poços		Δh (mm)	Sy	Recarga (mm/ano)
P1R	4,5	1074,84	0,21	226
	7,5	1000	0,21	210
	13,5	1193,55	0,21	251
	4,5b	1074,84	0,21	226
	7,5b	1000	0,21	210
P2R	4,5	1160,71	0,21	244
P3R	4,5	1282,38	0,21	269
	7,5	1191,71	0,21	250
	13,5	1069,95	0,21	225
	4,5b	958,55	0,21	201
	7,5b	886,01	0,21	186
P4R	4,5	1036,27	0,21	218
P1C	4,5	1394,93	0,21	293
	7,5	1394,93	0,21	293
	13,5	1188,41	0,21	250
P2C	4,5	1471,72	0,21	309
	7,5	1503,45	0,21	316
	13,5	1204,14	0,21	253
			Geral	246

Os resultados deste método indicam apenas a recarga relativa à infiltração direta de chuva, que causam variações episódicas nos níveis de água do aquífero. Também estaria contemplada nestes resultados a influência de vazamentos das tubulações de águas pluviais, também episódicas, relacionadas a eventos de chuva. Conforme discutido no levantamento bibliográfico, os vazamentos da rede de água e esgoto são contínuos e, portanto, indetectáveis pelo uso deste método.

b) Aproximações Darcynianas

Para a Cidade Universitária da USP também foi utilizado o cálculo de recarga por aproximações darcynianas. O método estima o fluxo de água subterrânea que atravessa uma seção determinada do aquífero, utilizando a equação de Darcy, em função do traçado de um mapa hidrogeológico e de valores de condutividade hidráulica (Belan & Matlock 1973).

Utiliza-se, então, a Lei de Darcy:

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

Sendo:

K= condutividade hidráulica

i= gradiente hidráulico

A = b . L = área da seção, sendo b a espessura saturada e L a largura em planta da seção

Estima-se que a vazão que passa por essa determinada seção seja equivalente à recarga equivalente à área da bacia considerada (no caso, a área de estudo na Cidade Universitária). Deste modo, para calcular a recarga que ocorre na bacia, divide-se a vazão obtida pela área da bacia considerada.

Para tanto, a partir dos mapas potenciométricos para a Cidade Universitária, calculou-se o gradiente hidráulico para a época úmida e, utilizando-se de valores de condutividade hidráulica selecionados como representativo para a área, calculou-se a recarga. Os valores de espessura saturada considerado (b) e da área da porção sedimentar foram obtidos com base no trabalho de Iritani (1993), no mapa de isoessura do aquífero sedimentar e contato com o cristalino. Os valores considerados e os valores de recarga obtidos estão representados na tabela a seguir:

Tabela 6-19. Valores utilizados para o cálculo por aproximações darcynianas e resultados de recarga obtidos.

<i>Período Seco</i>									
<i>K (m/s)</i>	<i>i</i>	<i>q (m/s)</i>	<i>b (m)</i>	<i>L (m)</i>	<i>Q (m³/s)</i>	<i>Q (m³/ano)</i>	<i>A (m²)</i>	<i>Recarga (m/ano)</i>	<i>Recarga (mm/ano)</i>
0,00002	0,0068	0,000000136	64	2200	0,0191488	603.876,56	2.640.000	0,2287	228,7
<i>Período Úmido</i>									
<i>K (m/s)</i>	<i>i</i>	<i>q (m/s)</i>	<i>b (m)</i>	<i>L (m)</i>	<i>Q (m³/s)</i>	<i>Q (m³/ano)</i>	<i>A (m²)</i>	<i>Recarga (m/ano)</i>	<i>Recarga (mm/ano)</i>
0,00002	0,0091	0,000000182	65	2200	0,026026	820.755,94	2.640.000	0,3109	310,9

O valor de recarga calculado para a área foi de 311 mm/ano, representando 22 % do total de chuvas na região da Cidade Universitária para o ano hidrológico estudado (1407 mm). Nota-se, porém, a sensibilidade do método ao valor de condutividade hidráulica da área, que afeta diretamente o valor da recarga na área. A diferença de uma ordem de magnitude na condutividade causa variação de uma ordem de magnitude no resultado da recarga. Desta forma, o método deve ser utilizado com cautela, já que a condutividade hidráulica é um dos parâmetros físicos com maior variação na natureza.

O resultado obtido por este método indica a recarga total da área para a manutenção do equilíbrio de fluxo no aquífero. Desta forma, consideraria todas as fontes que infiltram no aquífero e afetam o sistema de fluxo. No caso de um aquífero urbano, este valor deveria indicar a soma das fontes naturais e antrópicas na recarga do aquífero.

Se os métodos utilizados forneceram resultados precisos, a diferença entre a resposta obtida pela variação de níveis potenciométricos e por aproximações darcinianas forneceria o valor de recarga urbana na área. A recarga por infiltração direta de chuva, calculada pela variação dos níveis potenciométricos, foi de 246 mm/ano, enquanto a recarga total calculada por aproximações darcinianas, foi de 311 mm/ano. A recarga urbana, portanto, representaria 65 mm/ano, ou cerca de 20% da recarga total para a área.

c) Balanço Hídrico

Este método de cálculo de recarga foi considerado para fins de comparação dos resultados obtidos na utilização do método de variação do nível de água, sendo o cálculo para o ano de maio de 2004 a abril de 2005. Deve-se ressaltar que este método é utilizado para o cálculo de valores de recarga em escala regional baseado na obtenção de valores de evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1955). Para realização do cálculo, utilizou-se o programa desenvolvido por Pinto & Zullo (s/d), que exige a entrada de parâmetros climáticos (pluviometria mensal e temperatura média mensal), coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) da área de estudo e o valor máximo de armazenamento (mm). Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Astronômico e Geofísico da USP.

O armazenamento pode ser definido como a quantidade de água disponível por metro de solo em função da espessura da camada (CETESB, 1985). Considerando que grande parte das coberturas existentes sejam constituídas de material arenoso a argiloso, foi adotado para realização do cálculo, com base nos valores representados na Tabela 6-20, o valor de 200 mm, que seria um valor médio de armazenamento.

A saída do programa e os valores de entrada estão representados a seguir (Figura 6-44). O valor obtido de recarga potencial por este método é de 423 mm/ano, o que

representa 30% dos valores de chuva para o ano meteorológico estudado (maio de 2004 a abril de 2005).

Tabela 6-20. Umidade do solo (mmH₂O/ m de solo) (Modificado de CETESB, 1985)

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

Armazenamento máximo: 200.0mm												
Local: Raia Olímpica												
Latitude: 23G 33M Longitude: 46G 43M												
Altitude: 725.00m												
Fonte e Período: PREC.-IAG-USP												
TEMP.-IAG-USP												
MESES	TEMP	NOMO	COR.	EP	P	P-EP	NEG	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
	GR C			mm	mm	mm	ACUM	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	24.2	109	1.17	127	321.	194	0	200	0	127	0	194
FEV	23.0	98	1.01	98	143.	45	0	200	0	98	0	45
MAR	23.5	103	1.05	108	148.	40	0	200	0	108	0	40
ABR	24.1	109	0.96	104	110.	6	0	200	0	104	0	6
MAI	18.4	57	0.94	54	110.	56	0	200	0	54	0	56
JUN	16.9	47	0.88	41	39.	-3	-3	197	-3	41	0	0
JUL	17.0	48	0.93	44	87.	42	0	200	3	44	0	40
AGO	18.4	57	0.98	56	5.	-52	-52	155	-45	50	6	0
SET	22.1	88	1.00	88	19.	-69	-121	109	-45	64	24	0
OUT	20.3	72	1.10	80	137.	57	-36	167	57	80	0	0
NOV	22.4	91	1.11	101	171.	70	0	200	33	101	0	36
DEZ	22.7	94	1.18	111	118.	7	0	200	0	111	0	7
ANO	21.1			1014	1407	393				984	30	423
Índice Hídrico = 39.9 Clima Úmido, Mesotermico												

Figura 6-44. Saída do programa de Pinto et al. (s/d), que calcula a recarga potencial baseando-se no cálculo da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite (1955).

As principais limitações deste método são o fato de não considerar a declividade do terreno e também a sua cobertura, além de depender de cálculo de evapotranspiração potencial e não a real, medida na área.

d) Isótopos estáveis

A técnica isotópica foi empregada para separar as contribuições das fontes naturais (infiltração direta de chuva e vazamentos do sistema de drenagem pluvial) e das fontes antrópicas (vazamentos dos sistemas de água de abastecimento público e esgoto), baseada na assinatura isotópica das fontes e da água subterrânea. Conforme apresentado anteriormente, há diferença isotópica entre a média ponderada das chuvas mensais maiores que 100 mm ($\delta^{18}\text{O}$ -5,9‰ e $\delta^2\text{H}$ -45,1‰) e a média da água de abastecimento na Cidade Universitária da USP ($\delta^{18}\text{O}$ -5,3‰ e $\delta^2\text{H}$ -40,2‰), o que torna o uso de tal técnica possível.

Os valores isotópicos médios (Figura 6-45), máximos e mínimos de ^{18}O e ^2H para cada poço foram utilizados nos cálculos da contribuição antrópica na recarga, conforme a metodologia apresentada no item 4. Os dois membros finais considerados, para determinação da linha de mistura dos isótopos, foram a média ponderada das chuvas maiores que 100 mm e a média dos valores da água de abastecimento (SABESP). Os resultados dos cálculos assim como os gráficos individuais dos poços estão representados a seguir (Anexo 14 e Tabela 6-21).

Figura 6-45. Valores médios de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água subterrânea da Cidade Universitária da USP, para cada poço e relação na linha de mistura entre a assinatura da água de chuva (média ponderada para eventos maiores que 100 mm) e da companhia de abastecimento.

Tabela 6-21. Resultados do cálculo de contribuição antrópica e natural na recarga da água subterrânea na USP.

Poço		Urbana			natural		
		Mínimo	médio	Máximo	mínimo	médio	máximo
P1R	4,5	100	100	100	0	0	0
	7,5	47	72	100	53	28	0
	13,5	0	8	45	100	92	55
P2R	4,5	58	100	100	42	0	0
P3R	4,5	0	74	100	100	26	0
	7,5	0	32	91	100	68	9
	13,5	0	0	14	100	100	86
P1C	4,5	0	88	100	100	12	0
	7,5	0	81	100	100	19	0
	13,5	0	18	43	100	82	57
P2C	4,5	0	80	100	100	20	0
	7,5	66	88	100	34	12	0
	13,5	0	29	59	100	71	41

Os resultados da contribuição antrópica na recarga da água subterrânea na USP indicam uma estratificação, com contribuição maior da recarga urbana nos níveis mais rasos, diminuindo progressivamente com a profundidade. Nota-se que a diferença maior está entre os poços do aquífero 1 (4,5 m e 7,5 m) e do aquífero 2 (13,5 m) do que entre os poços localizados no próprio aquífero 1. A média de contribuição urbana para os poços do Aquífero 1 é de cerca de 79% e para o Aquífero 2, é de cerca de 14%. Esta diferença em contribuição deve-se provavelmente à presença do aquítarde de cerca de 5 m de espessura entre os Aquíferos 1 e 2. A camada argilosa serviria como proteção do aquífero a esta recarga contaminante. O aquífero abaixo da camada de argila (Aquífero 2) recebe menor contribuição de fontes antrópicas, provavelmente devido ao fato deste aquífero receber maior contribuição da área não urbanizada que está localizada na porção a montante da área de estudo.

O resultado de contribuição urbana obtido para o segundo aquífero, localizado abaixo da camada de argila, com os isótopos estáveis é comparável ao valor estimado com os métodos físicos, respectivamente 14% e 20%, confirmando a qualidade dos resultados.

6.4.2. Vila Eutália

a) Flutuações dos Níveis Potenciométricos

Similarmente à USP, foi realizada a quantificação da recarga pelo método da variação dos níveis potenciométricos. O ano hidrogeológico considerado neste cálculo preliminar foi o de maio de 2004 a abril de 2005.

Figura 6-46. Cálculo do Δh no gráfico de variação dos níveis.

No caso da Vila Eutália, o período de início da recarga foi o mês de setembro de 2004, quando os níveis apresentaram os valores mais baixos, e o pico da recarga foi o mês de janeiro de 2005. Desta forma, foram calculados os Δh para cada um dos níveis de poços monitorados na Vila Eutália (Figura 6-46).

No caso da Vila Eutália, o valor de vazão específica adotado foi o para argila arenosa, também com base nos valores apresentados por Johnson (1967) apud Fetter (2001) (Tabela 6-17).

Deste modo, foram realizados os cálculos para a Vila Eutália, conforme para a Cidade Universitária da USP, que estão representados na tabela a seguir:

Tabela 6-22. Cálculo de recarga utilizando-se da variação dos níveis potenciométricos.

Poços		Δh	Sy	Recarga
P1V	3	683,87	0,12	82
	9	896,77	0,12	108
	13	664,5	0,12	80
P2V	3	675,56	0,12	81
	7,5	851,85	0,12	102
	12	881,48	0,12	106
P3V	6	-	0,12	-
	15	519,44	0,12	62
P4V	7,5	4370,37	0,12	524
	15	3092,59	0,12	371
P5V	8,7	992,59	0,12	119
P6V	4	2692,31	0,12	323
	18	2870,88	0,12	345
P7V	6	1200	0,12	144
	15	2103,7	0,12	252
P8V	7,5	1203,3	0,12	144
	12	1309,1	0,12	157
	15	3521,98	0,12	423
P9V	4,5	573,77	0,12	69
	9	595,63	0,12	71
P10V	7,5	1112,09	0,12	133
	15	1170,33	0,12	140
			Geral	183

Desta forma, considerar-se-ia que a recarga média obtida para a área, tomando em conta o valor de vazão específica de 12%, seja igual a 183 mm/ano. Este valor representa 14,5% do total de chuvas registrado para o ano hidrológico correspondente ao período de maio de 2004 a abril de 2005. A porcentagem é um pouco menor que a obtida para a área da USP. Neste caso também a influência dos vazamentos da rede de águas pluviais deve estar contemplada neste valor de recarga. Vale lembrar que, neste caso, a maior parte da recarga deverá vir por meio de vazamentos de sistema de água e esgoto, que, em geral, não apresentam variações episódicas dos níveis d'água, não sendo detectados por este método.

b) Aproximações Darcynianas

Para a Vila Eutália, também foi utilizado o cálculo de recarga por aproximações darcynianas, conforme aplicado na área da USP.

Para o cálculo da recarga nesta área, a partir dos mapas potenciométricos para a Vila Eutália, calculou-se o gradiente hidráulico para a época úmida e utilizou-se de valores de condutividade hidráulica selecionado como representativo para a área. O valor de espessura saturada considerado (b) foi obtido com base em mapas de relatórios do DAEE (1975). Os valores considerados e os valores de recarga obtidos estão representados na tabela a seguir:

Tabela 6-23. Valores utilizados para o cálculo por aproximações darcynianas e resultados de recarga obtidos.

K (m/s)	I	q (m/s)	b (m)	L (m)	Q (m/s)	Q (m/ano)	A (m ²)	Recarga (m/ano)	Recarga (mm/ano)
$2,0 \times 10^{-6}$	0,029	$6,4 \times 10^{-8}$	110	296,63	0,00209	65938,2	137000,0	0,481	481

O valor obtido para a recarga da área é, portanto, 481 mm/ano. Este valor representa 38% do total de chuvas na região do Aricanduva, que é de 1263 mm/ano. Enfatiza-se aqui a sensibilidade deste método ao valor de condutividade hidráulica da área, que possui influência direta no valor da recarga.

Se os métodos utilizados forneceram resultados precisos, conforme mencionado para a USP, a diferença entre a resposta obtida pela variação de níveis potenciométricos e por aproximações darcynianas forneceria o valor de recarga urbana na área da Vila Eutália. A recarga por infiltração direta de chuva, calculada pela variação dos níveis potenciométricos, foi de 183 mm/ano, enquanto a recarga total calculada por aproximações darcynianas, foi de 481 mm/ano. A recarga urbana, portanto, representaria 298 mm/ano, ou cerca de 62% da recarga total para a área.

c) Balanço Hídrico

Do mesmo modo que para a Cidade Universitária, foi realizado o cálculo de recarga pelo método do balanço hídrico. Este método de cálculo de recarga foi considerado para fins de comparação dos resultados obtidos na utilização do método de variação do nível de água, sendo o cálculo para o ano de maio de 2004 a abril de 2005. Os dados climáticos utilizados no cálculo foram cedidos pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Secretaria de Infra-Estrutura Urbana e Obras da Prefeitura da Cidade de São Paulo (CGE-SIURB).

Considerando que grande parte das coberturas existentes sejam constituídas de material de aterro (heterogêneo), foi adotado para realização do cálculo, com base nos valores representados na Tabela 6-20, o valor de armazenamento de 200 mm.

A saída do programa, junto aos valores de entrada, está representada a seguir (Figura 6-47). O valor obtido de recarga potencial por este método é de 311 mm/ano, o que representa 24,62% dos valores de chuva para o ano meteorológico estudado (maio de 2004 a abril de 2005).

Conforme mencionado anteriormente, as limitações deste método são o fato de não considerar a declividade do terreno e também a sua cobertura, que neste caso é praticamente todo impermeabilizado. Além disso, trabalha com a avaliação da evapotranspiração potencial, não considerando dados reais da área.

BALANÇO HIDRICO SEG. THORNTHWAITE 1955												
Armazenamento maximo: 200.mm								Local:Vila Eutalia				
Latitude: 23G 32M				Longitude: 46G 31M				Altitude: 750.00m				
Fonte e Período: PREC.-Prefeitura								TEMP.-IAG-USP				
MESES	TEMP	NOMO	COR.	EP	P	P-EP	NEG	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
	GR C			mm	mm	mm	ACUM	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	24.2	109	1.17	128	312.	184	0	200	58	128	0	126
FEV	23.0	97	1.01	98	135.	37	0	200	0	98	0	37
MAR	23.5	102	1.05	107	238.	131	0	200	0	107	0	131
ABR	24.1	108	0.96	104	52.	-52	-52	154	-46	98	6	0
MAI	18.4	57	0.94	54	70.	16	-32	170	16	54	0	0
JUN	16.9	47	0.88	41	53.	12	-19	182	12	41	0	0
JUL	17.0	48	0.93	44	80.	36	0	200	18	44	0	17
AGO	18.4	57	0.98	56	0.	-56	-56	151	-49	49	7	0
SET	22.1	88	1.00	88	12.	-76	-133	103	-48	60	28	0
OUT	20.3	72	1.10	80	42.	-38	-170	85	-18	60	20	0
NOV	22.4	91	1.11	101	156.	55	-71	140	55	101	0	0
DEZ	22.7	94	1.18	111	113.	2	-68	142	2	111	0	0
ANO	21.1			1013	1263	250				952	62	311
Índice Hidrico = 27.0								Clima Umido, Mesotermico				

Figura 6-47. Output do programa de Pinto et al. (s/d), que calcula a recarga potencial baseando-se no cálculo da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite (1955).

d) Isótopos estáveis

Assim como para a Cidade Universitária da USP, na Vila Eutália a técnica isotópica foi empregada para separar as contribuições das fontes naturais (infiltração direta de chuva e vazamentos do sistema de drenagem pluvial) e das fontes antrópicas (vazamentos dos sistemas de água de abastecimento público e esgoto). Conforme apresentado anteriormente, há diferença isotópica considerável entre a média ponderada das chuvas mensais maiores que 100 mm ($\delta^{18}\text{O}$ -7,3‰ e $\delta^2\text{H}$ -53,4‰) e a média da água de abastecimento na Vila Eutália ($\delta^{18}\text{O}$ -4,9‰ e $\delta^2\text{H}$ -36,8‰), o que torna o uso de tal técnica possível.

Os valores isotópicos médios de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ para cada poço (Figura 6-48) foram utilizados nos cálculos da contribuição antrópica na recarga, conforme a metodologia apresentada no item 4. Os membros finais, utilizados na indicação da linha de mistura, considerados foram a média ponderada das chuvas mensais maiores que 100 mm e a média dos valores da companhia de abastecimento (SABESP). Os resultados dos cálculos e os gráficos individuais dos poços estão representados a seguir (Tabela 6-24 e Anexo 15).

Os resultados da contribuição antrópica na recarga da água subterrânea na Vila Eutália, similarmente à Cidade Universitária da USP, indicam uma estratificação, com contribuição maior da recarga urbana nos níveis mais rasos, diminuindo progressivamente com a profundidade (Tabela 6-24). Porém, para todos os níveis estudados, a recarga urbana exerce um grande papel na recarga do aquífero, excedendo 50% até a máxima profundidade estudada. A média de contribuição urbana para os poços do Nível 1 é de cerca de 79%, para o Nível 2, é de cerca de 61% e para o Nível 3 é de 58%. A contribuição urbana possivelmente diminui com a profundidade devido a contribuições do sistema de fluxo subterrâneo regional, com maior recarga por precipitação ocorrendo em áreas a montante da área de estudo. A média geral de contribuição urbana na área é de 67%.

O resultado de contribuição urbana médio obtido para a área com os isótopos estáveis é comparável ao valor estimado com os métodos físicos, respectivamente 67% e 62%, confirmando a qualidade e comparabilidade dos resultados.

Figura 6-48. Valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água subterrânea da Vila Eutália, para cada poço.

Inclui também a reta meteórica local para a Vila Eutália, reta meteórica global (GMWL, Craig 1961), com os valores mensais de chuva e média ponderada das chuvas (considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e SABESP.

Tabela 6-24. Resultados do cálculo de contribuição antrópica e natural na recarga da água subterrânea na Vila Eutália.

Poços		Urbana			Natural		
		mínimo	médio	máximo	mínimo	médio	máximo
P1V	3	0	73	100	100	27	0
	9	63	70	78	37	30	22
	13	57	65	82	43	35	18
P2V	3	74	83	92	26	17	8
	7,5	66	72	82	34	28	18
	12	45	53	60	55	47	40
P3V	6	85	88	95	15	12	5
	15	37	51	67	63	49	33
P4V	7,5	66	74	82	34	26	18
	15	26	34	57	74	66	43
P5V	8,7	61	77	86	39	23	14
P6V	4	92	98	100	8	2	0
	18	44	54	61	56	46	39
P7V	6	0	68	100	100	32	0
	15	44	51	60	56	49	40
P8V	7,5	35	49	59	65	51	41
	12	15	42	55	85	58	45
	15	43	52	64	57	48	36
P9V	4,5	100	100	100	0	0	0
	9	77	83	90	23	17	10
P10V	7,5	20	87	100	80	13	0
	15	33	48	62	68	52	38

7. DISCUSSÕES

No contexto deste trabalho, foi possível avaliar a recarga da água subterrânea nas duas áreas de estudo na cidade de São Paulo. No espaço urbano, as modificações causadas no ambiente natural provocam o estabelecimento de um novo equilíbrio, em função de diversos fatores, como a pavimentação da superfície, a introdução de tubulações de água, esgoto e de captação de águas pluviais, bombeamento de poços para captação de águas subterrâneas, entre outros. A recarga em áreas urbanas apresenta dois impactos principais ao equilíbrio natural do aquífero: a quantidade e a qualidade da água subterrânea e ambos foram identificados por este estudo na Bacia do Alto Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo.

7.1. Contribuição Urbana na Quantidade de Recarga de Água Subterrânea

Os dados de pluviometria demonstram que os meses mais chuvosos e mais secos para ambas as áreas são, respectivamente, janeiro e agosto. A precipitação anual para a Vila Eutália foi de 1.193 mm e, para a USP, 1.407 mm (de acordo com dados obtidos entre os meses de junho de 2004 a maio de 2005).

Os níveis d'água subterrânea demonstram que a recarga natural na USP começa em outubro, quando os níveis d'água estão mais baixos e iniciam a sua ascendência, e o pico da recarga ocorre em janeiro, quando os níveis d'água atingem seu ápice. Para a Vila Eutália, estes períodos correspondem a, respectivamente, setembro e final de janeiro.

De acordo com as medições diárias de precipitação e dos níveis d'água, os picos do nível da água estão relacionados a eventos de precipitação que excedem a aproximadamente 20 mm. Uma resposta considerável do nível da água foi também observada em maior escala, quando a precipitação mensal excedia a aproximadamente 100 mm. Desta forma, meses mais chuvosos provavelmente atingem e ultrapassam a capacidade de campo da zona não saturada, permitindo que a precipitação alcance a superfície freática e seja capaz de recarregar o aquífero. Este valor de pluviosidade foi estimado como o mínimo de precipitação necessária para permitir a recarga do aquífero. Esta observação foi confirmada pelos dados dos tensiômetros instalados na USP, que mostram que entre agosto e outubro a porção mais rasa da camada de solo estava essencialmente seca. Isto suporta a idéia de que não ocorre recarga de água subterrânea durante os meses mais secos, ou sugere que a água infiltrante não é suficiente para saturar a zona não saturada seca.

O primeiro método utilizado para o cálculo da recarga, o de variação de níveis potenciométricos apresenta apenas recargas episódicas, ou seja, aquelas que causam uma variação nos níveis potenciométricos. Este componente da recarga urbana é essencialmente a recarga por precipitação, sendo que grande parte da recarga urbana está associada a fontes contínuas, que não apresentam variação nos níveis d'água do aquífero. A variação de níveis observada nos poços de monitoramento da USP durante o período estudado foi de no máximo 1.503 mm e no mínimo 886 mm, com média de 1.171 mm. Para a Vila Eutália, a flutuação máxima foi de 4.370 mm (poço P4V-7,5, que possivelmente está sujeito à vazamentos da rede de água de abastecimento e/ou galerias pluviais), o mínimo foi 519 mm e a média foi 1.523 mm. Baseado neste método, a recarga natural calculada para a USP foi de 246 mm/ano e 183 mm/ano para a Vila Eutália.

O segundo método utilizado, o de aproximações darcinianas, calcula o valor total da recarga em uma área, e, portanto levaria em conta também a componente urbana da recarga. Os valores obtidos com este método foram de 311 mm/ano para a USP e 437 mm/ano. Se os dois métodos empregados fornecem valores confiáveis, a diferença entre os dois resultados indica a quantidade de recarga antrópica (65 mm/ano para a USP, ou 21% da recarga total para a área e 254 mm/ano, ou 58% da recarga total para a Vila Eutália).

Verifica-se, porém, que o método de estimativas darcinianas é bastante sensível ao valor selecionado para a condutividade hidráulica. A condutividade hidráulica, por sua vez, é um dos parâmetros que apresenta maior variação na natureza, chegando a variar 10 ordens de magnitude. No caso deste trabalho, a condutividade variou quase 3 ordens de magnitude em

ambas as áreas estudadas, o que, portanto, representou a maior contribuição para incertezas com o método darciniano. Além disso, o conhecimento do aquífero é necessário, já que o cálculo baseia-se na área da seção do aquífero e na área de contribuição da recarga no fluxo subterrâneo relativo àquela seção.

Uma maneira de certificar-se da precisão de um método é utilizando métodos adicionais, comparando os resultados. Empregando a técnica dos isótopos estáveis foi possível aumentar a confiabilidade nos resultados dos métodos físicos. A utilização deste método retornou valores próximos entre a média ponderada das chuvas e os valores da água de abastecimento público, para ambas as áreas estudadas. Embora a água de abastecimento da Vila Eutália venha de outra bacia hidrográfica (Sistema Cantareira), não há diferença isotópica significativa entre estas duas fontes, e, portanto, os reservatórios superficiais que abastecem a cidade de São Paulo apresentam composição isotópica muito próxima à da média ponderada da precipitação para a cidade. O fato da água nestes reservatórios ser acumulada ao longo do ano causa a mistura e, portanto, a assinatura destes reservatórios é uma média ponderada das assinaturas isotópicas das chuvas ao longo do ano. Aparentemente, a evaporação não participa significativamente na determinação da assinatura da água do sistema público, já que a assinatura isotópica da média ponderada das chuvas no ano é similar à da água de abastecimento público, da SABESP.

Foi observado que a água de chuva dos meses mais chuvosos é mais empobrecida isotopicamente que a dos meses mais secos. Deste modo, considerando apenas as águas de chuva que realmente têm capacidade de atingir o aquífero, ou seja, em meses cujo total precipitado é maior que 100 mm, conforme os dados físicos, nota-se que a média ponderada da composição isotópica da chuva fica significativamente mais empobrecida que as águas da companhia de abastecimento. A composição isotópica das águas subterrâneas em ambas as áreas encontra-se numa linha de mistura, com composição intermediária à dos dois membros finais: a água de chuva que pode atingir o aquífero e a água da companhia de abastecimento público, indicando a contribuição relativa destas fontes distintas na recarga do aquífero. Em ambas as áreas, também foi observado que poços com maiores concentrações de compostos indicadores de contaminação como Cl^- , NO_3^- (no caso da Vila Eutália), NH_4^+ (no caso da Cidade Universitária da USP), SO_4^{2-} e COD são isotopicamente mais enriquecidos que poços menos contaminados.

A água subterrânea da USP (a área menos urbanizada) tem composição isotópica que sugere que a recarga por vazamentos dos sistemas de abastecimento de água e esgoto representa entre 0 e 100% do total de recarga para a área, baseado na linha de mistura, indicando que a água subterrânea é abastecida por vezes totalmente por infiltração das chuvas. O valor médio para a contribuição da recarga no Aquífero 2 na USP é de cerca de 14% e, para a parte mais rasa do aquífero sedimentar, Aquífero 1, a contribuição de fontes

antrópicas é de 79%. Esta diferença em contribuição antrópica deve-se provavelmente à presença do Aquítarde entre os Aquíferos 1 e 2, que serviria como proteção do aquífero a esta recarga contaminante.

Na Vila Eutália, a assinatura isotópica que define a recarga por vazamentos dos sistemas de abastecimento de água e esgoto representa na média entre 34 e 100% do total de recarga ocorrendo na área. Isto indica que a recarga por infiltração da precipitação em geral não atinge 100% do total de recarga do aquífero. A média de contribuição urbana para os poços do Nível 1 é de cerca de 79%, para o Nível 2, é de cerca de 61% e para o Nível 3 é de 58%, possivelmente diminuindo com a profundidade devido a diluição ao longo do sistema de fluxo subterrâneo e contribuições do sistema de circulação subterrânea regional.

Desta forma, nota-se a proximidade dos valores para as áreas estudadas, utilizando-se de métodos físicos foram obtidos os valores de contribuição antrópica média para a USP de 21%, e 58% da recarga total para a Vila Eutália. Os métodos isotópicos apresentaram valores próximos, com cerca de 14% para o aquífero mais profundo na USP e 58% para o terceiro nível de estudo na Vila Eutália. A tabela a seguir indica o resultado obtido com os métodos aplicados.

Tabela 7-1. Resultados de recarga obtidos para ambas as áreas.

Área		Cidade Universitária				Vila Eutália			
Método		FNA	Darcy	Balanço Hídrico	Isótopos	FNA	Darcy	Balanço Hídrico	Isótopos
Valor em mm/ano		246	311	423		183	481	311	
% da precipitação		17,5	22	30		14,5	38	24,6	
Contribuição antrópica (em relação à recarga total)	mm/ano	65				298			
	%	20				62			
					14				67

Além disso, a interferência urbana pode ser ainda maior que o avaliado, se considerado que vazamentos do sistema de água pluvial sejam recarga urbana. Nenhum dos métodos utilizados têm capacidade de separar a recarga da precipitação por infiltração direta daquela devido a vazamentos do sistema pluvial, já que vazamentos do sistema de água pluvial causam variações episódicas nos níveis d'água (não sendo detectada pelos métodos físicos) e possuem a mesma assinatura isotópica e química da chuva infiltrada diretamente (portanto indistinguível pelos métodos isotópicos ou por composição química). Deste modo, estas duas fontes, pelo menos neste trabalho, são indistinguíveis e são consideradas como recarga natural.

Outro fator peculiar notado é a importância da recarga urbana mesmo em uma área onde a ocupação é a mais próxima da natural existente na cidade de São Paulo, como a Cidade

Universitária da USP, onde o nível mais profundo de monitoramento ainda apresenta cerca de 14% de contribuição urbana.

Os valores obtidos neste trabalho são plausíveis e estão em concordância com a proposição de Lawrence *et al.* (1998), conforme o gráfico a seguir, onde valores obtidos para outras cidades estudadas estão plotados (Figura 7-1).

Figura 7-1. Valores de recarga obtidos para a área da Cidade Universitária (não urbanizada) e da Vila Eutália (urbanizada), plotados em gráfico de Lawrence *et al.* (1998).

7.2. Contribuição Urbana na Qualidade de Recarga de Água Subterrânea

Além da mudança na quantidade de água que é recarregada ao aquífero, conforme se pode observar com os dados deste trabalho, há também a contribuição para a degradação da qualidade da água subterrânea em áreas urbanas.

Conforme análise dos dados químicos, para ambas as áreas amostras mais rasas e mais sujeitas à contribuição urbana apresentam maior variação composicional, indicada por maior espalhamento no Diagrama de Piper modificado (com K^+ no vértice do Na^+ e NO_3^- no vértice junto ao Cl^-).

Os dados de F^- , Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} e COD para as áreas, indicam que ambas apresentam vazamentos extensivos dos sistemas de esgoto, apontado pelas altas concentrações destes íons. As maiores concentrações ocorrem próximas a possíveis áreas-fonte. Deve-se observar que estes íons estão presentes em geral em concentrações mais baixas durante o período de chuvas, o que sugere que ocorra diluição da água subterrânea pela infiltração de chuva. Estas concentrações diminuem com a profundidade e a distância das áreas fonte. A diminuição da concentração com a profundidade corrobora os dados do cálculo de recarga, confirmando a menor contribuição antrópica na recarga da água subterrânea com a profundidade. Na USP, os poços mais contaminados por vazamentos do sistema de esgoto relacionam-se ao Aquífero 1 e próximos ao CRUSP, em geral diminuindo progressivamente na direção da Raia Olímpica da USP. O Aquífero 2 da USP está protegido da contaminação pelo Aquítarde, uma camada de cerca de 5 m de argila, apresentando menores concentrações dos solutos selecionados para a identificação da influência antrópica e menores contribuições urbanas segundo o método isotópico, com valores mais enriquecidos isotopicamente relacionados aos poços mais contaminados. No caso da Vila Eutália, a concentração está mais amplamente distribuída, com contribuições de esgoto sendo observadas a profundidades mais altas.

O nitrato ocorre na água subterrânea da Vila Eutália em concentrações significativas, mas na USP são observadas apenas concentrações muito baixas. Na USP ocorrem concentrações mais significativas de amônio, além da presença de COD, sugerindo que o esgoto infiltre diretamente na zona saturada do aquífero, que, por possuir ambiente mais redutor e anaeróbico, inibe a conversão de amônia a nitrato.

O esgoto em ambas as áreas apresenta concentrações altas de SO_4^{2-} . As concentrações de SO_4^{2-} são altas tanto para o esgoto da área da USP (concentração máxima de SO_4^{2-} de 94 mg/L e média de 72 mg/L), e da área da Vila Eutália (concentrações máximas de SO_4^{2-} de 51 mg/L; e média de 33 mg/L). Estes resultados indicam contribuição de vazamento de esgoto na recarga de ambas as áreas, já que as amostras de chuva apresentam concentrações baixas de SO_4^{2-} (para a área urbanizada, as concentrações máximas são da ordem de 9 mg/L e média de 3 mg/L e, para a área menos urbanizada, as concentrações máximas são de aproximadamente

5 mg/L e a média é 1.4 mg/L) e fontes para a formação de SO_4^{2-} são ausentes no material geológico, pelo menos o mais raso (Martins, tese em preparação).

Além da diluição, foi observada a possibilidade de outros fatores afetarem a concentração de nitrato na área densamente urbanizada (Vila Eutália). Nesta área, foi possível observar valores altamente enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em NO_3^- , concentrações significativas de carbono orgânico dissolvido (DOC) (concentrações máximas de DOC de 16 mg/L e média de 4 mg/L) e um aumento nas concentrações de HCO_3^- concomitante à diminuição de concentrações de NO_3^- . Estes fatores sugerem que, além da diluição, a desnitrificação é um processo importante na atenuação das concentrações de nitrato no aquífero urbano.

8. CONCLUSÕES

Os dados obtidos neste estudo indicam que vazamentos do sistema de distribuição de água e esgoto têm papel fundamental na quantidade e na qualidade da água que recarrega os aquíferos na Região Metropolitana de São Paulo. Até mesmo em uma área onde a ocupação urbana e a impermeabilização da superfície não são tão importantes quando comparada ao padrão da cidade de São Paulo (USP), a recarga antrópica representa papel importante na constituição da recarga das águas subterrâneas. A ocupação urbana provoca mudanças significativas no fluxo de água subterrâneo, promovendo um novo equilíbrio, onde os fatores urbanos são peças essenciais.

São Paulo é uma cidade com clima subtropical, com estações secas e chuvosas muito bem definidas. Os resultados deste trabalho permitiram concluir que durante os meses mais secos, a água da chuva não alcança a superfície freática, devido ao fato de a infiltração ter que re-umedecer a zona não saturada do aquífero antes de recarregar o aquífero. Foi estimado que volumes de chuva mensais maiores que aproximadamente 100 mm são capazes de criar eventos de recarga para o aquífero.

Para o ano hidrológico de maio de 2004 a abril de 2005, a metodologia de variação dos níveis d'água resultou em uma recarga natural de 246 mm/ano e 183 mm/ano para a área menos urbanizada e mais urbanizada, respectivamente, enquanto a abordagem darciniana resultou em valores de 311 mm/ano para a área menos urbanizada e 437 mm/ano para a área densamente urbanizada. Considerando a diferença entre os resultados como recarga urbana, esta representaria cerca de 62% da recarga na área densamente urbanizada e 20% na área menos urbanizada.

Os dados isotópicos corroboraram os resultados com 79% da recarga vindo de fontes antrópicas no aquífero mais raso na área menos urbanizada (USP), enquanto a porção mais profunda do aquífero tem contribuição antrópica de 14% (que é próximo ao valor de 20% estimado pelos métodos físicos). Para a área densamente urbanizada, a média de contribuição calculada isotopicamente, urbana para os poços do Nível 1 é de cerca de 79%, para o Nível 2,

é de cerca de 61% e para o Nível 3 é de 58%, de 67%, é similar ao valor de 62% obtido pelos métodos físicos.

A recarga urbana traz ainda o impacto qualitativo na água subterrânea, degradando a qualidade dos aquíferos, apesar do reabastecimento que promove. Vale lembrar que a recarga por infiltração de chuva pode também estar ocorrendo como vazamentos do sistema de águas pluviais. No contexto deste estudo, porém, tanto por métodos físicos como isotópicos e químicos, estas duas fontes são indistinguíveis.

É importante salientar sobre a dificuldade de estudos de recarga em áreas urbanas, pela dificuldade de instalação e manutenção da instrumentação necessária, bem como a complexidade do sistema de circulação subterrâneo nestas áreas, influenciados pelas modificações antrópicas.

Conclui-se ainda que a utilização de métodos múltiplos na estimativa de recarga é essencial para a certificação da qualidade dos resultados, uma vez que todos os métodos utilizados no cálculo possuem erros associados e, além disso, baseiam-se em parâmetros difíceis de estimar ou altamente variáveis. A utilização de métodos auxiliares, portanto, não é somente recomendável como imprescindível para confirmação da precisão nas estimativas.

9. RECOMENDAÇÕES

Este trabalho permitiu vislumbrar os passos futuros para um aproveitamento dos dados e melhor gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos da cidade de São Paulo. Recomenda-se a elaboração de um modelo hidrogeológico e hidroquímico, que permitiria integrar os resultados, e daria uma confiança ainda maior nos resultados, testando-os. Além disso, a extrapolação dos dados para o restante da cidade de São Paulo é possível e recomendável, e é o passo seguinte na continuidade do projeto do qual este doutorado fez parte.

A continuação do estudo, sendo estendido para outras áreas da cidade de São Paulo, com outras situações geológicas e hidrogeológicas, é recomendada, para fins de comparação e de obtenção de estimativas mais precisas.

Além disso, recomenda-se a inclusão dos resultados deste estudo e de estudos recomendados nas políticas de gerenciamento dos recursos hídricos da Bacia do Alto Tietê, avaliando ainda a interação do meio subterrâneo com o meio superficial.

Recomenda-se ainda um estudo sobre a viabilidade de recuperação das tubulações que apresentam vazamento e seus impactos na modificação da recarga da água subterrânea no meio urbano, bem como na modificação dos volumes e custos de produção, tendo em vista a menor quantidade de perda do recurso hídrico distribuído pelas companhias de abastecimento.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appelo, C.A.J. & Postma, D. 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. 2nd ed. A.A.Balkema Publishers, 649p.
- Appleyard S. J. 1995. The impact of urban development on recharge and groundwater quality in a coastal aquifer near Perth, Western Australia: *Hydrogeology Journal* 3(2): 65-75.
- Balek J. 1987. Groundwater recharge concepts. In: Simmers, I. (ed.) *Estimation of Natural Groundwater Recharge*, "Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Estimation of Natural Recharge of Groundwater", Antalya (Side), Turkey, 8-15 March, 1987, 528 p.
- Barrett, M. H.; Hiscock, K. M.; Pedley, S.; Lerner, D. N.; Tellam, J. H.; French, M. J. 1999. Marker species for identifying urban groundwater recharge sources: a review and case study in Nottingham, UK. *Water Research*, Vol. 33, N. 14, pp. 3083-3097.
- Belan R.A. & Matlock W.G. 1973. Groundwater recharge from a portion of the Santa Catalina Mountains. In: *Proc Meeting Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*, Arizona Section, American Water Resources Association, and the Hydrology Section, Arizona Academy of Science, Tucson, Arizona, Rep 3, pp 33-40.
- Birkle, P., Rodríguez, V.T., Partida, E.G. 1998. The water balance for the Basin of the Valley of Mexico and implications for future water consumption. *Hydrogeology Journal* 6: 500-517.
- Bredenkamp, D.B. 1990. Quantitative estimation of groundwater recharge by means of a simple rainfall-recharge relationship. In: Lerner, D.N.; Issar, A.S. & Simmers, I. (eds.) *Groundwater Recharge*, IAH Memoir 8, p. 247-256.
- Carrillo-Rivera, J.J.; Clark, J.D.; Fritz, P., 1992. Investigating recharge of shallow and paleo-groundwater in the Villa de Reyes Basin, SLP, Mexico, with environmental isotopes. *Applied Hydrogeology*, Vol. 1, N.4, p. 35-48.
- Cavalcante, J.C. & Kaefer, L.Q. 1974. Geologia da Folha de Santos (parcial) In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 28, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, SBG, v.4, p. 227-245.
- CETESB, 1985. *Legislação: Regiões Metropolitanas; Proteção dos Mananciais e Zoneamento Industrial*. São Paulo, CETESB.
- CETESB 2004. *Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 - 2003 - São Paulo: CETESB, Abril de 2004*.
- Clark, I. & Fritz, P. 1997. *Environmental isotopes in hydrogeology*. Lewis Publishers. Boca Raton. 328 p.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tiête (CBAT) 2002. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tiête*. FUSP-DAEE. São Paulo. 3 vol.
- Cook P.G.; Jolly I.D.; Leaney F.W.; Walker G.R.; Allan G.L.; Fifield L.K.; Allison G.B. 1994. Unsaturated zone tritium and chlorine-36 profiles from southern Australia: their use as tracers of soil water movement. *Water Resources Research*, 30: 1709-1719.
- Craig, H. 1961. Isotopic variation in meteoric waters. *Science*, 133, p.1702.
- Custódio, E.; Llamas, M.R., 1981. *Hidrología subterránea*. 2ª ed. Barcelona, Ediciones Omega, v.1, 1157p.
- Custódio, E. 1998. Recarga a los acuíferos: Aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. *Boletín Geológico y Minero*. V. 109-4: 329-346.
- Darling W.G. & Bath A.H. 1988. A stable isotope study of recharge processes in the English chalk. *Journal of Hydrology*, 101: 31-46.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). 1975. *Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 1 – Grande São Paulo*. São Paulo. 3 vol.
- Deutsch, W. J. 1997. *Groundwater Geochemistry – Fundamentals and Applications to Contamination*. Lewis Publishers, EUA, 221p.
- de Vries, J. J. & Simmers, I. 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal* 10: 5-17.

- Douglas, M. 1997. Mixing and temporal variations of groundwater inflow at the Com Mine, Yellowknife, Canada; An analogue for a radioactive waste repository. Unpublished M.Sc. thesis, Department of Geology, University of Ottawa, Canada, 101p.
- El Bakri, A.; Tantawi, A.; Blavoux, B.; Dray, M. 1992. Sources of water recharge identified by isotopes in El Minya Governate (Nile Valley, Middle Egypt). In: Isotope Techniques in water resource development 1991, IAEA Symposium 319, March 1991, Vienna: 643-645.
- Farah, E.A.; Mustafá, E.M.A.; Kumai, H. 2000. Sources of groundwater recharge at the confluence of the Niles, Sudan. *Environmental Geology*, 39(6), pp. 667-672.
- Ferrari, L.; Hirata, R.; Mondin, M.; Suhogusof, A. 2002. Mecanismos de controle da recarga em aquíferos sedimentares livres. Estudo de ocorrência na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, São Paulo (Brasil). In: International Association of Hydrogeologists Congress, 32, Mar del Plata (Argentina) (versão em CD-ROM).
- Fetter, C.W. 2001. *Applied Hydrogeology*. Fourth Edition. Prentice Hall. 598p..
- Flint, A.L.; Flint, L.E.; Kwicklis, E.M.; Fabryka-Martin, J.T. & Bodvarsson, G.S. 2002. estimating recharge at Yucca Mountain, Nevada, USA: comparison of methods. *Hydrogeology Journal* 10: 180-204.
- Foster, S., Morris, B.; Chilton, J. 1999. Groundwater in urban development – a review of linkages and concerns. In: Ellis J.B. (ed) *Impacts of urban growth on surface water and groundwater quality*. IAHS Publ. 259: 3-12.
- Grismer, M.E.; Bachman, S. & Powers, T. 2000. A comparison of groundwater recharge estimation methods in a semi-arid, coastal avocado and citrus orchard (Ventura County, California). *Hydrological Processes*, 14, pp. 2527-2543.
- Hall, D.W. & Risser, D.W. 1993. Effects of agricultural nutrient management on nitrogen fate and transport in Lancaster county, Pennsylvania. *Water Resour Bull* 29: 55-76.
- Harris, C. Bruce M Oom and Roger E Diamond 1999. A preliminary investigation of the oxygen and hydrogen isotope hydrology of the greater Cape Town area and an assessment of the potential for using stable isotopes as tracers. *Water SA*, 25(1), pp.15-24.
- Hasui, Y. & Sadowski, G.R. 1976. Evolução geológica do Precambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 6(3), pp. 182-200.
- Healy, R.W.; Cook, P.G. 2002. Using ground-water levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*. 10(1): 91-109.
- Hennies, W.T.; Hasui, Y. & Penalva, F. 1967. O falhamento transcorrente de Taxaquara. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 21, Curitiba. *Anais...Curitiba, SBG*, p.159-168.
- Hillel, D. 1980. *Fundamentals of soil physics*. Academic Press London.
- Hirata, R. & Ferreira, L. M. R. 2001. Os aquíferos de la Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade a poluição. *Revista Brasileira de Geociências*. 31(1): 43-50.
- Hirata, R.; Ferrari, L.; Ferreira, L.; Pede, M. 2002. La explotación de las aguas subterráneas en la Cuenca Hidrográfica del Alto Tietê (São Paulo, Brasil): crónica de una crisis anunciada. *Boletín Geológico Minero*. Vol. 113 (3): 273-282.
- Hirata, R. C. A. & Nunes da Silva, A. 1999. Mapa hidrogeológico da Bacia do Alto Tietê. In: Macedo, A. (coord). *Banco de Dados Espaciais da Bacia do Alto Tietê*. LIG-IGc-USP, São Paulo (disponível em meio digital, no site: <http://geolig.igc.usp.br>).
- Iritani, M.A. 1993. Potencial Hidrogeológico da Cidade Universitária de São Paulo. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 108 p.
- Juliani, C. 1992. O Embasamento Pré-Cambriano da Bacia de São Paulo. In: *Problemas Geológicos e Geotécnicos na região Metropolitana de São Paulo*, ABAS/ABGE/SBG-SP, São Paulo, pp.3-20.
- Juliani, C.; Beljavskis, P. & Schorscher, H.D. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo serra do Itaberaba na Região do São Roque-SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia. *Anais...Goiânia, SBG*, v.2, p.730-743.
- Langenbuch, J. 1971. A Estruturação da Grande São Paulo: estudo de geografia urbana. São Paulo: FIBGE, 1971, 354 p.
- Lawrence, A.R.; Foster, S.; Moris, B. 1994. Impact of urbanisation on groundwater: Hat Yai, Thailand. Tech Rep WC/94/43, British Geological Survey, Keyworth (UK).

- Lawrence, A.R.; Morris, B.L.; Foster, S.S.D. 1998. Hazards Induced by Groundwater Under Rapid Urbanisation. In Maunds, J.G. and Eddleston, M. (Eds.) *Geohazards in Engineering Geology*. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications 15, 319-328.
- Leonard, J.G. & Lakey, R.C. 1989. Evaluation of natural groundwater recharge of a tertiary aquifer system Barwon Downs Graben, Otway Basin, Victoria. In: Sharma, M.L. (Ed.) *Groundwater Recharge. Proceedings of the Symposium on Groundwater Recharge, Mandurah, 6-9 Julho 1987*. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, pp. 197-210.
- Lerner, D.N. 1990. Groundwater recharge in urban areas. *Atmospheric Environment*. 24B (1): 29-33.
- Lerner, D.N. 1997. Groundwater recharge. In: Saether, O.M.; de Carit, P. (eds.). *Geochemical processes, weathering and groundwater recharge in catchments*. A. A. Bulkma, Rotterdam. p. 109-150.
- Lerner, D.N. 2002. Identifying and quantifying urban recharge: a review. *Hydrogeology Journal* 10: 143-152.
- Lerner, D.; Issar, A.; Simmers, I., 1990. Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge. International Association of Hydrogeologists. Vol. 8. Heise. Hannover, 345p.
- LIG/IGc-USP – Laboratório de Informática Geológica – Instituto de Geociências – USP 1999. Mapa Geológico da Bacia do Alto Tietê. Escala: 1:50.000.
- Lima, P.L. 2002. Hidrogeologia urbana :um estudo da recarga em um aquífero livre e raso. Monografia de Trabalho de Formatura--Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 53 p.
- Lin, Y.-F.; Andreson, M.P. 2003. A Digital Procedure for Ground Water Recharge and Discharge Pattern Recognition and Rate Estimation. *Ground Water*, 41(3), pp. 306-315.
- Lobo-Ferreira, J.P., Delgado-Rodrigues, J. - "BALSEQ - A Model for the Estimation of Water Balances, Including Aquifer Recharge, Requiring Scarce Hydrologic Data", in *Estimation of Natural Groundwater Recharge*. In: I. Simmers (ed.), NATO ASI Series, Serie C: Vol. 222, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, 1988.
- Lojkasek-Lima, P.; Hirata, R.C.; Bertolo, R.A.; Viviani, J.B. & Valle, P. de T. A. 2004. A interferência antópica nos padrões naturais de fluxo de água subterrânea: um estudo de caso na bacia de São Paulo, São Paulo, Brasil. *Boletín Geológico y Minero*, 115, Núm. Especial, pp. 391-398.
- Marcelino, M.deB., 1999. Delimitação de perímetros de proteção dos poços tubulares (PPP) empregando a técnica de modelagem numérica tridimensional. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – USP. 122p.
- Melo, M.S.; Caetano, S.L.V. & Coimbra, A.M. 1986. Tectônica e sedimentação na área das bacias de São Paulo e Taubaté. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia. Anais...Goiânia, SBG, v.1, p.321-336.
- Menegasse-Velásquez, L.N. 1996. Efeitos da Urbanização Sobre o Sistema Hidrológico: Aspectos da Recarga no Aquífero Freático e no Escoamento Superficial. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 124p.
- Monnier, G. 2001. Evaluation de l'impact de l'urbanisation sur la réalimentation des nappes d'eau souterraines au nord-est de Paris (France). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 59: 329-342.
- Neil Ketchum Jr., J., Donovan, J.J., Avery, W.H. 2000. Recharge characteristics of a phreatic aquifer as determined by storage accumulation. *Hydrogeology Journal* 8: 579-593.
- Paixão, M. S. G. 2005. Análise da acurácia das estimativas de posicionamento do nível freático e dos teores de umidade do solo com o emprego dos métodos de sísmica de refração rasa e georadar a partir de um estudo no campus da USP, São Paulo/SP. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP), Dissertação de Mestrado. 117 p.
- Pinto, H.S. & Zullo Junior, J. (s/d) Balanço hídrico segundo Thornthwaite (1955). Programa de computador. Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura (CEPAGRI). Unicamp, Campinas.
- Puls, R. W. & Barcelona, M. J. 1996. Low-flow (minimal drawdown) ground-water sampling procedures. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA/540/S-95/504, April 1996, 12 p.
- Raí, S.N.; Manglik, A. 1999. Modelling of water table variation in response to time-varying recharge from multiple basins using the linearised Boussinesq equation. *Journal of Hydrology*, Volume 220, Number 3, pp. 141-148.

- Rebouças, A.daC. 1992. Condições de Uso e Proteção das Águas Subterrâneas. *In: Problemas Geológicos e Geotécnicos na região Metropolitana de São Paulo*, ABAS/ABGE/SBG-SP, São Paulo, pp.77-87.
- Rede das Águas s/d. <http://www.rededasaguas.org.br/>
- Riccomini, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 256p.
- Riccomini, C. & Coimbra, A.M. 1992. Geologia da Bacia de São Paulo. *In: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo*, ABMS, São Paulo, 59p.
- Riccomini, C.; Coimbra, A.M. & Takyia, H. 1992. Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. *In: Problemas Geológicos e Geotécnicos na região Metropolitana de São Paulo*, ABAS/ABGE/SBG-SP, São Paulo, pp.21-45.
- Rocha, G.A., Gonçalves, V.G., Rebouças, A.C., Barreto, L.M.B. 1989. Hidrogeologia da Bacia de São paulo: estágio atual de conhecimento. *Geologia da Bacia de São Paulo*, 1989. Workshop... IGc-USP/SBG, São Paulo, p.44-59.
- Rosenberg N.J.; Blad B.L.; Verna S.V. 1983. Micro-climate: the biological environmental, 2nd edn. Wiley, New York.
- SABESP/CEPAS 1994. Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Final. Convênio SABESP/CEPAS-IGc-USP. São Paulo. 1994. 115p. + anexos.
- Samper, F.J. 1998. Evaluacion de la recarga por la lluvia mediante balances de agua: Utilización, calibracion e incertidumbres. *Boletín Geológico y Minero*. V. 109-4: 329-346.
- Santiago, M.F.; Frischkorn, H.; Neto, P.S.; Filho, J.M. 2001. The Recharge Mechanisms in an Alluvial Aquifer Zone in Northeast Brazil. *Ground Water*, 39 (1), pp. 18-23.
- Scanlon, B.R.; Healy, R.W.; Cook, P.G., 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal* 10: 18-39.
- Seiler, K.-P. 2001. Environmental isotopes in the hydrological cycle. Principles and applications. W.G. Mook ed., Vol. V: Man's impact on groundwater systems., IHP-V 1 Technical Documents in Hydrology 1 No. 39, Vol. V. UNESCO/IAEA. UNESCO, Paris, 105p.
- Seiler & Alvarado-Rivas, J. 1999. Recharge and discharge of Caracas aquifer, Venezuela. *In: Chilton j (ed) Groundwater in the urban environment – selected city profiles*. AA Balkema. Rotterdam, pp 233 – 238.
- Sumioka, S.S. & Bauer, H.H. 2003. Estimating Ground-Water Recharge from Precipitation on Whidbey and Camano Islands, Island County, Washington, Water Years 1998 and 1999. USGS – US Geological Survey, Water resources Investigation report 03-4101. Version 1.20, August 2004.
- Taylor, C.B.; Wilson D.D.; Brown, L.J.; Stewart, M.K.; Burden, R.J.; Brailsford, G.W., 1989. Sources and flow of North Canterbury Plains groundwater. *J Hydrol* 106: 311-340
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate: *Geograph. Rev.* 38: 55-94.
- Yang, Y.; Lerner, D.N.; Barrett, M.H.; Tellam, J.M., 1999. Quantification of groundwater recharge in the city of Nottingham, UK. *Environ Geol* 38(3): 183-198.

Anexo 1. Perfis Geológicos –USP

P2C

Anexo 2. Perfis Geológicos – Vila Eutália

P3V

P4V

P6V

P5V

P8V

P7V

Anexo 3. Dados Químicos – USP

Nome	Data	F	Ci	NO ₃ ⁻	Br	NO ₂ ⁻	NO ₃	HPO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄ ⁺	pH	Eh	CE	T (°C)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	
PIR-4.5b-2004	fev/04	0.01	16.73	1.02	<0.005	0.16	<0.005	0.06	0.05	0.030	0.200	41.050	<0.025	28.730	2.100	2.600	0.740	7.900	<0.04	0.250	<0.008	-	6.3	137	440	23.8	240.56	2.9E-02	
PIR-4.5b-3004	mar/04	0.07	14.75	<0.005	0.16	<0.005	0.16	0.04	27.90	<0.06	0.190	38.900	<0.01	25.350	1.800	2.050	0.530	15.800	<0.01	0.190	<0.01	8.500	6.3	147	440	25.1	220.02	2.0E-02	
PIR-4.5b-4004	abr/04	0.07	15.32	<0.005	0.38	<0.01	0.04	0.04	13.60	0.008	0.160	34.453	<0.001	5.067	2.100	1.950	0.450	21.147	<0.01	0.147	<0.01	2.900	6.0	74	430	23.7	151.80	6.0E-03	
PIR-4.5b-5004	maio/04	0.11	13.17	<0.005	0.28	0.06	0.05	0.05	6.65	0.021	0.152	27.056	<0.002	26.126	1.819	1.705	0.349	13.312	<0.001	0.147	<0.01	6.700	6.2	134	328	22.4	118.86	8.0E-03	
PIR-4.5b-6004	jun/04	0.09	13.67	<0.005	0.17	0.15	<0.010	0.17	9.47	0.048	0.152	21.708	<0.002	23.108	1.782	1.591	0.316	11.920	<0.001	0.104	0.006	-	5.9	182	313	22.6	79.20	3.8E-03	
PIR-4.5b-7004	jul/04	0.13	12.06	<0.005	0.19	0.06	<0.010	0.06	10.96	0.008	0.129	15.374	<0.002	5.169	2.064	1.438	0.236	11.479	0.002	0.081	0.006	-	6.0	223	229	21.4	53.36	2.9E-03	
PIR-4.5b-8004	ago/04	0.07	11.33	<0.005	0.27	0.14	0.02	0.03	4.39	0.012	0.128	12.950	<0.002	8.697	1.888	1.504	0.285	9.887	<0.001	0.078	0.007	-	5.9	181	236	25.1	67.02	2.8E-03	
PIR-4.5b-9004	set/04	0.08	11.04	<0.005	0.31	0.35	0.03	0.03	4.57	0.005	0.121	11.559	<0.002	6.443	2.055	1.518	0.243	10.179	0.002	0.072	0.015	5.200	5.9	263	232	27.2	52.01	2.1E-03	
PIR-4.5b-1004	out/04	0.08	11.04	<0.005	0.31	0.35	0.03	0.03	4.57	0.005	0.121	11.559	<0.002	6.443	2.055	1.518	0.243	10.179	0.002	0.072	0.015	5.200	5.9	263	232	27.2	52.01	2.1E-03	
PIR-4.5b-1104	nov/04	0.08	9.14	<0.005	0.18	0.08	<0.010	0.08	13.58	0.006	0.142	11.659	<0.001	4.195	3.387	1.734	0.159	15.382	<0.001	0.082	0.019	1.900	5.8	45	173	23.2	50.88	2.9E-03	
PIR-4.5b-1204	dez/04	0.06	7.78	<0.005	0.11	0.06	0.01	0.06	25.70	0.100	0.130	5.006	0.002	0.001	1.658	0.980	0.133	17.678	<0.001	0.043	0.014	6.400	7.4	30	268	23.6	76.32	9.0E-02	
PIR-4.5b-0105	jan/05	0.10	4.88	0.02	0.08	0.47	0.02	0.08	28.72	0.079	0.132	10.339	<0.001	18.176	2.652	2.491	0.122	14.654	<0.001	0.066	0.014	15.200	7.0	50	259	25.4	138.87	7.0E-02	
PIR-4.5b-0205	fev/05	0.11	4.98	0.03	0.06	0.42	0.03	0.06	25.53	0.062	0.106	7.086	0.002	<0.001	17.920	3.880	2.432	0.116	13.361	0.003	0.060	0.024	14.400	5.8	94	246	24.1	82.49	2.9E-03
PIR-4.5b-0305	mar/05	0.11	5.51	0.06	0.10	3.33	0.02	0.14	26.26	0.062	0.159	6.117	<0.002	0.008	14.279	4.066	1.681	10.997	0.003	0.050	0.017	13.200	5.7	87	240	23.8	89.50	2.9E-03	
PIR-4.5b-0405	abr/05	0.10	5.11	<0.005	0.73	<0.011	0.04	0.04	5.49	0.012	0.089	67.912	<0.002	0.001	0.747	5.711	3.764	0.667	0.027	0.001	0.292	0.006	0.800	6.9	-4	769	23.0	83.98	2.7E-01
PIR-4.5b-0504	maio/04	0.39	33.37	<0.005	0.49	0.03	0.04	0.03	7.42	<0.01	0.081	50.419	<0.002	0.001	5.371	3.891	2.884	0.428	114.663	<0.001	0.211	<0.01	1.000	6.6	36	749	22.6	380.34	6.8E-02
PIR-7.5b-6004	jun/04	0.33	26.61	<0.005	0.44	0.04	0.01	0.01	6.16	<0.01	0.085	48.241	<0.002	0.001	1.052	3.279	2.605	0.352	108.286	<0.001	0.222	<0.01	-	6.6	74	728	22.4	306.33	5.8E-02
PIR-7.5b-7004	jul/04	0.33	21.16	<0.005	0.45	0.06	0.03	0.03	4.71	0.006	0.088	46.727	<0.002	0.001	5.421	3.224	2.371	0.288	98.179	<0.001	0.209	<0.01	-	6.6	70	646	22.1	299.32	6.1E-02
PIR-7.5b-8004	ago/04	0.32	18.63	<0.005	0.45	0.03	0.03	0.03	4.38	<0.01	0.088	47.863	<0.002	0.001	5.058	3.120	2.536	0.284	81.722	<0.001	0.189	<0.01	-	6.4	597	230	23.0	356.58	7.9E-02
PIR-7.5b-9004	set/04	0.32	18.63	<0.005	0.45	0.03	0.03	0.03	4.38	<0.01	0.088	47.863	<0.002	0.001	5.058	3.120	2.536	0.284	81.722	<0.001	0.189	<0.01	-	6.4	597	230	23.0	356.58	7.9E-02
PIR-7.5b-1004	out/04	0.26	14.33	<0.005	0.42	0.05	<0.010	0.05	2.26	<0.01	0.085	40.753	<0.002	0.001	5.554	3.086	2.038	0.226	77.858	<0.001	0.171	<0.01	0.700	6.5	7	569	23.2	269.58	9.3E-02
PIR-7.5b-1104	nov/04	0.16	12.89	<0.005	0.42	0.02	0.01	0.01	1.69	0.007	0.080	41.901	<0.002	0.001	4.413	2.648	1.984	0.222	70.393	<0.001	0.157	<0.01	0.700	6.5	-43	517	23.1	252.61	4.2E-02
PIR-7.5b-1204	dez/04	0.14	11.41	<0.005	0.40	0.02	0.02	0.02	1.01	<0.01	0.089	39.304	<0.002	0.001	6.780	2.570	2.133	0.227	53.191	<0.001	0.154	<0.01	1.100	6.3	-17	399	23.8	234.92	2.9E-02
PIR-1.5b-0105	jan/05	0.13	10.16	0.08	0.36	0.03	0.05	0.05	0.77	0.008	0.071	28.847	<0.002	0.001	10.099	2.678	2.133	0.182	45.026	<0.001	0.113	<0.01	1.300	6.6	-11	339	23.9	226.13	3.9E-02
PIR-1.5b-0205	fev/05	0.22	10.79	0.05	0.38	0.05	0.05	0.05	0.77	0.011	0.055	26.992	<0.002	0.001	10.952	2.818	2.376	0.188	48.488	<0.001	0.112	<0.01	1.300	6.2	-47	338	23.7	183.47	1.4E-02
PIR-1.5b-0305	mar/05	0.20	10.50	0.05	0.38	0.04	0.04	0.04	0.51	0.015	0.052	24.140	<0.002	0.001	10.631	2.655	2.000	0.169	46.217	<0.001	0.101	<0.01	1.200	6.1	-4	318	23.0	183.13	1.2E-02
PIR-1.5b-0405	abr/05	0.19	10.69	0.07	0.38	0.04	0.04	0.04	0.84	0.005	0.064	25.202	<0.002	0.001	8.496	2.73	2.243	0.177	53.806	<0.001	0.110	<0.01	1.200	6.2	36	349	23.1	226.05	1.8E-02
PIR-1.5b-0504	maio/04	0.13	2.97	<0.005	0.06	0.09	0.03	0.03	6.41	<0.01	0.101	16.503	<0.002	0.001	4.413	5.814	1.733	0.170	8.815	<0.001	0.125	<0.01	1.000	6.2	72	169	23.8	71.69	6.0E-03
PIR-1.5b-6004	jun/04	0.12	2.97	<0.005	0.06	0.04	0.01	0.01	5.63	<0.01	0.094	14.443	<0.002	0.001	7.994	5.285	1.595	0.136	8.915	<0.001	0.110	<0.01	1.000	6.0	82	162	23.1	81.89	4.3E-03
PIR-1.5b-7004	jul/04	0.12	2.97	<0.005	0.06	0.04	0.01	0.01	5.63	<0.01	0.094	14.443	<0.002	0.001	7.994	5.285	1.595	0.136	8.915	<0.001	0.110	<0.01	1.000	6.0	82	162	23.1	81.89	4.3E-03
PIR-1.5b-8004	ago/04	0.12	2.97	<0.005	0.06	0.04	0.01	0.01	5.63	<0.01	0.094	14.443	<0.002	0.001	7.994	5.285	1.595	0.136	8.915	<0.001	0.110	<0.01	1.000	6.0	82	162	23.1	81.89	4.3E-03
PIR-1.5b-9004	set/04	0.12	2.97	<0.005	0.06	0.04	0.01	0.01	5.63	<0.01	0.094	14.443	<0.002	0.001	7.994	5.285	1.595	0.136	8.915	<0.001	0.110	<0.01	1.000	6.0	82	162	23.1	81.89	4.3E-03
PIR-1.5b-1004	out/04	0.11	2.26	<0.005	0.04	0.04	0.01	0.01	5.39	<0.01	0.093	12.818	<0.002	0.001	7.369	5.688	1.618	0.144	7.718	<0.001	0.117	0.006	-	6.2	55	160	22.7	78.29	6.9E-03
PIR-1.5b-1104	nov/04	0.11	2.26	<0.005	0.06	0.03	0.01	0.01	5.39	<0.01	0.093	12.818	<0.002	0.001	6.242	5.268	1.405	0.112	8.277	<0.001	0.083	<0.01	0.100	5.9	53	131	24.4	54.81	2.9E-03
PIR-1.5b-1204	dez/04	0.12	2.21	0.04	0.06	0.03	0.02	0.02	5.29	0.005	0.093	10.124	<0.002	0.001	5.434	5.598	1.599	0.141	8.768	<0.001	0.114	<0.01	0.300	6.1	70	152	23.7	60.02	3.8E-03
PIR-1.5b-0105	jan/05	0.11	2.21	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	5.24	<0.01	0.094	10.257	<0.002	0.001	6.716	5.366	1.452	0.125	7.834	<0.001	0.105	<0.01	0.300	6.7	-22	141	23.5	60.48	1.8E-02
PIR-1.5b-0205	fev/05	0.14	1.96	0.00	0.05	0.09	0.02	0.02	4.86	0.006	0.094	9.335	<0.002	0.001	7.841	5.514	1.388	0.120	7.150	<0.001	0.098	<0.01	0.300	6.6	6	124	23.9	82.11	1.4E-02
PIR-1.5b-0305	mar/05	0.15	1.67	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	4.71	0.016	0.073	6.051	<0.002	0.001	6.493	5.170	1.223	0.091	7.147	<0.001	0.074	<0.01	0.300	6.1	51	100	23.6	49.12	2.9E-03
PIR-1.5b-0405	abr/05	0.14	1.78	0.00	0.05	0.08	0.02	0.02	4.86	0.015	0.072	6.231	<0.002	0.001	6.606	5.131	1.206	0.097	7.622	<0.001	0.078	<0.01	0.300	6.0	-10	102	22.9	50.50	2.8E-03
PIR-4.5b-6004	jun/04	0.03	4.41	<0.005	0.23	0.12	0.04	0.04	14.38	0.021	0.100	51.38	<0.002	0.001	17.172	1.532	1.5												

Nome	Data	F	Cl	NO2	Br	NO3	HPO4	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fa	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH4	pH	Eh	CE	T	HC03	CO3
P3R-7-50-404	abr/04	0.39	16.93	<0.05	0.33	0.23	0.05	0.79	0.010	0.081	63.914	<0.02	<0.001	7.413	7.001	5.956	1.642	28.038	<0.001	0.389	0.008	1.200	6.5	45	480	22.8	303.25	5.0E-02
P3R-7-50-604	mai/04	0.55	15.63	<0.05	0.30	0.03	0.02	0.92	<0.01	0.104	51.090	<0.02	<0.001	8.960	6.271	6.635	1.313	28.544	<0.001	0.358	<0.01	1.300	6.5	545	545	23.0	254.08	3.8E-02
P3R-7-50-604	jun/04	0.46	11.82	<0.05	0.28	0.07	0.01	0.59	0.038	0.169	52.773	<0.02	<0.001	30.132	5.848	6.033	1.245	33.496	<0.001	0.378	<0.01	-	6.5	76	581	22.6	257.05	4.8E-02
P3R-7-50-704	ago/04	0.49	11.17	<0.05	0.27	0.04	0.01	0.38	0.010	0.197	46.473	<0.02	<0.001	27.314	6.056	5.700	1.052	35.231	<0.001	0.362	<0.01	-	6.6	84	535	22.0	231.55	4.4E-02
P3R-7-50-804	ago/04	0.42	9.75	<0.05	0.28	0.04	0.01	0.29	0.006	0.236	49.122	<0.02	<0.001	32.642	6.668	5.742	0.988	36.895	<0.001	0.381	0.006	1.600	6.5	572	22.9	326.65	5.9E-02	
P3R-7-50-1004	ago/04	0.42	9.75	<0.05	0.28	0.04	0.02	0.37	<0.01	0.238	51.244	<0.02	<0.001	11.176	6.381	5.704	0.988	36.895	<0.001	0.374	<0.01	1.600	6.5	588	22.9	249.39	3.9E-02	
P3R-7-50-1004	ago/04	0.41	8.69	<0.05	0.27	0.04	0.02	0.19	<0.01	0.222	51.222	<0.02	<0.001	25.011	6.301	5.727	0.916	35.714	<0.001	0.391	<0.01	1.600	6.6	49	573	23.5	273.85	4.8E-02
P3R-7-50-1004	ago/04	0.38	8.12	<0.05	0.26	0.05	0.01	0.16	0.008	0.267	48.737	<0.02	<0.001	41.423	6.501	5.386	0.785	31.260	<0.001	0.345	<0.01	0.400	7.0	5	577	23.5	268.81	3.9E-02
P3R-7-50-1004	ago/04	0.30	6.32	<0.02	0.26	0.05	0.01	0.16	0.006	0.267	48.737	<0.02	<0.001	29.659	5.618	5.191	0.727	37.220	<0.001	0.334	0.005	1.500	7.0	40	504	22.8	214.72	1.9E-01
P3R-7-50-0305	fev/05	0.44	6.35	0.02	0.27	0.11	0.13	0.14	0.015	0.303	46.386	<0.02	<0.001	22.972	5.834	5.255	0.703	32.141	<0.001	0.340	<0.01	0.700	6.7	69	489	23.2	252.42	6.9E-02
P3R-7-50-0305	fev/05	0.44	6.35	0.02	0.27	0.11	0.13	0.14	0.015	0.303	46.386	<0.02	<0.001	25.345	5.663	5.330	0.703	32.141	<0.001	0.350	0.007	<0.2	6.7	35	484	22.9	283.80	6.9E-02
P3R-7-50-0405	abr/05	0.46	5.91	<0.05	0.26	0.46	0.03	0.18	0.007	0.295	50.223	<0.02	<0.001	26.611	5.665	5.338	0.655	35.469	<0.001	0.331	<0.01	0.900	6.7	63	466	23.2	312.24	7.1E-02
P3R-13-5-404	mai/04	0.12	2.60	<0.05	0.05	0.07	0.04	7.77	0.006	0.959	17.934	<0.02	<0.001	4.546	5.629	2.077	0.140	18.359	<0.001	0.127	<0.01	0.400	6.5	68	210	23.3	104.48	1.4E-02
P3R-13-5-504	mai/04	0.15	2.28	<0.05	0.06	0.05	0.03	5.71	<0.01	1.003	16.773	<0.02	<0.001	7.854	5.530	2.064	0.137	17.026	<0.001	0.124	<0.01	0.200	6.5	78	204	24.0	102.71	1.9E-02
P3R-13-5-604	jun/04	0.11	1.84	<0.05	0.07	0.03	<0.01	6.02	<0.01	1.006	20.731	<0.02	<0.001	7.817	5.061	1.724	0.152	12.973	<0.001	0.141	<0.01	-	6.3	115	227	22.6	98.26	9.0E-03
P3R-13-5-704	jun/04	0.11	1.89	<0.05	0.07	0.04	0.01	5.78	0.008	0.088	17.787	<0.02	<0.001	7.988	4.951	1.480	0.115	12.416	<0.001	0.114	<0.01	-	6.3	120	186	21.8	79.30	7.9E-03
P3R-13-5-804	ago/04	0.12	1.91	<0.05	0.07	0.04	0.02	5.90	<0.01	0.085	18.602	<0.02	<0.001	8.321	5.373	1.480	0.121	12.642	<0.001	0.121	<0.01	-	6.4	57	213	22.2	106.16	1.9E-02
P3R-13-5-904	ago/04	0.12	2.08	<0.05	0.07	0.03	0.03	5.86	<0.01	0.086	18.602	<0.02	<0.001	8.321	5.373	1.480	0.121	12.642	<0.001	0.121	<0.01	0.300	6.2	98	186	21.8	79.30	7.9E-03
P3R-13-5-1004	ago/04	0.09	2.31	0.03	0.10	0.16	0.01	5.41	0.006	0.093	14.619	<0.02	<0.001	6.976	5.285	1.530	0.112	9.641	<0.001	0.107	<0.01	0.500	6.2	98	186	21.8	79.30	7.9E-03
P3R-13-5-1004	ago/04	0.11	2.31	0.03	0.10	0.16	0.01	5.41	0.006	0.093	14.619	<0.02	<0.001	6.976	5.285	1.530	0.112	9.641	<0.001	0.107	<0.01	0.500	6.2	98	186	21.8	79.30	7.9E-03
P3R-13-5-1004	ago/04	0.12	2.19	0.03	0.10	0.04	0.02	6.02	0.006	0.091	13.992	<0.02	<0.001	6.750	5.181	1.724	0.125	10.806	<0.001	0.106	<0.01	0.500	7.6	-15	179	23.6	76.34	1.0E-01
P3R-13-5-0105	jan/05	0.12	1.75	0.01	0.08	0.10	0.02	5.15	0.097	0.073	11.807	<0.02	0.004	6.996	4.917	1.167	0.097	9.959	<0.001	0.078	0.011	0.200	6.6	73	144	23.0	52.90	9.7E-03
P3R-13-5-0205	fev/05	0.15	1.73	<0.01	0.06	0.03	0.03	5.16	0.013	0.080	11.897	<0.02	<0.001	7.901	5.291	1.445	0.112	8.835	<0.001	0.094	0.005	0.300	6.3	104	143	24.9	72.01	7.0E-03
P3R-13-5-0305	mar/05	0.17	1.58	<0.05	0.23	0.05	0.02	4.70	<0.01	0.073	9.434	<0.02	<0.001	8.233	4.524	1.284	0.096	7.508	<0.001	0.081	0.006	0.100	6.2	46	124	22.9	63.61	4.4E-03
P3R-13-5-0405	abr/05	0.15	1.65	0.01	0.07	0.02	0.02	4.19	0.040	0.075	9.539	<0.02	<0.001	7.634	5.093	1.421	0.096	8.212	<0.001	0.087	<0.01	0.100	6.3	38	130	23.4	74.25	7.1E-03
P3R-13-5-504	fev/04	<0.016	15.96	0.85	<0.005	0.26	0.04	0.34	0.006	0.090	15.900	<0.02	<0.001	22.370	2.400	1.450	0.210	12.000	<0.04	0.130	<0.008	-	6.0	158	261	22.8	151.97	7.9E-03
P3R-13-5-304	mar/04	0.06	12.27	<0.005	0.29	0.05	0.04	3.89	<0.05	0.080	6.900	<0.01	<0.001	24.960	2.100	1.200	0.160	11.000	<0.01	0.090	<0.01	4.100	5.9	2	217	22.1	232.45	8.1E-03
P3R-13-5-404	abr/04	0.04	13.24	<0.005	0.24	0.11	0.04	2.89	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-504	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-604	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-704	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-804	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-904	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-1004	abr/04	0.08	11.33	<0.05	0.24	0.03	0.03	3.70	0.009	0.120	6.311	<0.02	<0.001	25.736	2.370	1.340	0.154	11.771	<0.001	0.098	0.011	5.300	5.8	159	213	22.8	91.22	2.9E-03
P3R-13-5-0105	jan/05	0.11	12.32	<0.05	0.36	0.05	0.03	0.08	0.006	0.193	13.405	<0.02	<0.001	20.672	3.326	2.511	0.205	8.185	<0.001	0.130	<0.01	1.900	5.5	165	211	21.5	93.62	1.9E-03
P3R-13-5-0205	fev/05	0.11	12.32	<0.05	0.36	0.05	0.03	0.08	0.006	0.193	13.405	<0.02	<0.001	20.672	3.326	2.511	0.205	8.185	<0.001	0.130	<0.01	1.900	5.5	165	211	21.5	93.62	1.9E-03
P3R-13-5-0305	mar/05	0.11	12.32	<0.05	0.36	0.05	0.03	0.08	0.006	0.193	13.405	<0.02	<0.001	20.672	3.326	2.511	0.205	8.185	<0.001	0.130	<0.01	1.900	5.5	165	211	21.5	93.62	1.9E-03
P3R-13-5-0405	abr/05	0.11	12.32	<0.05	0.36	0.05	0.03	0.08	0.006	0.193	13.405	<0.02	<0.001	20.672	3.326	2.511	0.205	8.185	<0.001	0.130	<0.01	1.900	5.5	165	211	21.5	93.62	1.9E-03
P3R-13-5-0504	jun/04	0.07	12.37	<0.05	0.34	<0.011	<0.010	0.12	<0.001	0.202	11.466	<0.02	<0.001	20.133	3.136	2.633	0.226	7.856	<0.001	0.135	<0.01	-	5.8	168	221	22.0	77.36	1.9E-03
P3R-13-5-0604	jun/04	0.07	12.37	<0.05	0.34	<0.011	<0.010	0.12	<0.001	0.202	11.466	<0.02	<0.001	20.133	3.136	2.633	0.226	7.856	<0.001	0.135	<0.01	-	5.8	168	221	22.0	77.36	1.9E-03
P3R-13-5-0704	jun/04	0.07	12.37	<0.05	0.34	<0.011	<0.010	0.12	<0.001	0.202	11.466	<0.02	<0.001	20.133	3.136													

Nome	Data	F	Cl	NO2	Br	NO3	HPO4	SO4	Al	Ba	Ca	Cu	Fa	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH4	pH	Eh	CE	T	HCO3	CO3	
P2C-4.5-3/04	mar/04	1.42	227.80	<0.005	0.47	<0.011	0.08	54.60	0.130	0.090	16.900	<0.01	0.330	3.500	9.700	0.250	465.000	<0.01	0.140	0.010	1.000	7.2	36	2290	21.7	1029.56	8.02E-01	
P2C-4.5-4/04	abr/04	1.36	139.61	<0.005	0.41	0.36	0.03	38.23	0.254	0.074	66.951	<0.002	0.006	0.133	6.082	7.898	0.317	354.793	<0.001	0.151	0.013	5.500	7.5	68	2160	22.6	754.01	1.18E+00
P2C-4.5-5/04	mai/04	1.71	108.83	<0.005	0.67	0.06	0.16	33.10	0.069	0.074	22.839	<0.002	<0.001	1.027	4.552	7.184	0.031	306.633	<0.001	0.172	<0.01	1.000	6.8	90	1187	21.4	664.47	1.95E+00
P2C-4.5-6/04	jun/04	1.01	150.31	<0.005	0.73	0.04	2.31	59.85	0.011	0.062	12.967	<0.002	<0.001	1.661	4.745	7.364	0.169	520.214	<0.001	0.130	<0.01	-	7.6	93	2320	20.8	845.24	1.48E+00
P2C-4.5-7/04	jun/04	1.31	52.95	<0.005	0.45	2.55	0.01	20.54	0.012	0.079	24.113	<0.002	0.012	0.094	6.247	6.560	0.169	202.963	0.001	0.186	0.006	-	7.3	95	1405	20.1	425.27	3.81E-01
P2C-4.5-8/04	ago/04	1.72	65.12	<0.005	0.52	2.72	0.05	28.95	<0.001	0.058	14.004	<0.002	0.020	0.002	4.827	6.157	<0.01	298.780	<0.001	0.149	<0.01	0.800	7.7	138	1889	19.8	696.37	1.84E+00
P2C-4.5-9/04	set/04	1.26	78.47	<0.005	0.53	0.16	0.43	39.41	<0.001	0.046	9.935	<0.002	0.004	0.024	4.384	5.789	<0.01	354.250	<0.001	0.095	<0.01	0.800	7.6	109	1450	22.9	682.35	1.50E+00
P2C-4.5-10/04	out/04	1.35	85.38	<0.005	0.56	0.18	0.43	39.41	<0.001	0.046	9.935	<0.002	0.004	0.024	4.384	5.789	<0.01	354.250	<0.001	0.095	<0.01	0.800	7.6	109	1450	22.9	682.35	1.50E+00
P2C-4.5-11/04	nov/04	0.42	5.65	0.36	0.06	0.59	0.03	12.05	0.057	0.037	19.726	<0.002	0.006	0.046	8.398	3.053	0.059	44.954	<0.001	0.140	0.006	0.400	7.0	127	2675	23.4	233.03	1.59E-01
P2C-4.5-12/04	dez/04	0.33	4.88	0.30	0.06	0.74	0.04	9.44	0.017	0.038	24.776	<0.002	0.004	0.738	8.772	3.156	0.066	44.954	<0.001	0.140	0.006	0.400	7.2	38	275	21.8	233.03	1.59E-01
P2C-4.5-01/05	jan/05	0.50	24.51	0.89	0.23	0.47	0.02	18.22	0.016	0.078	30.717	<0.002	<0.001	1.081	7.084	5.993	0.310	155.395	0.002	0.203	<0.01	1.200	7.1	367	1126	22.1	374.72	3.74E-01
P2C-4.5-02/05	fev/05	0.66	49.03	0.06	0.28	0.74	0.08	33.69	0.007	0.101	32.204	<0.002	<0.001	0.075	6.246	7.954	0.317	287.166	0.002	0.222	<0.01	1.800	7.1	49	1111	22.7	657.96	3.93E-01
P2C-4.5-03/05	mar/05	0.61	50.17	0.31	0.32	0.07	0.06	32.35	0.016	0.074	27.644	<0.002	<0.001	1.091	5.389	7.450	0.335	275.456	0.001	0.209	<0.01	2.300	7.0	20	1206	23.1	616.79	3.33E-01
P2C-4.5-04/05	abr/05	0.77	48.04	0.26	0.34	0.51	0.08	32.22	0.027	0.090	26.752	<0.002	0.004	1.194	5.724	7.492	0.315	287.437	0.003	0.208	<0.01	1.700	7.1	24	1168	22.3	719.02	4.07E-01
P2C-7.5-4/04	abr/04	0.08	9.63	<0.005	0.63	<0.011	0.04	1.29	<0.01	0.183	13.991	<0.002	<0.001	19.796	3.152	3.691	0.182	15.072	<0.001	0.140	0.007	1.200	5.9	185	233	23.2	253.04	0.98E-03
P2C-7.5-5/04	mai/04	0.14	9.64	<0.005	0.46	0.06	0.01	0.43	<0.01	0.177	14.507	<0.002	<0.001	20.735	2.891	3.694	0.178	17.586	<0.001	0.138	<0.01	1.800	5.5	192	230	21.5	131.75	2.05E-03
P2C-7.5-6/04	jun/04	0.17	10.04	<0.005	0.44	0.04	<0.010	0.64	<0.01	0.212	18.791	<0.002	<0.001	16.639	3.350	5.014	0.246	26.362	<0.001	0.190	<0.01	-	6.0	192	268	22.2	126.47	5.95E-03
P2C-7.5-7/04	jun/04	0.19	10.11	<0.005	0.39	0.013	<0.010	6.82	0.008	0.180	20.944	<0.002	<0.001	6.970	5.242	5.140	0.216	24.372	0.001	0.190	0.026	-	6.1	203	277	20.9	112.70	6.94E-03
P2C-7.5-8/04	ago/04	0.16	9.63	<0.005	0.32	0.03	<0.010	0.85	<0.01	0.205	18.946	<0.002	<0.001	13.800	3.548	5.457	0.262	22.508	<0.001	0.139	<0.01	2.000	6.8	149	287	22.3	182.49	9.05E-03
P2C-7.5-9/04	ago/04	0.18	9.29	<0.005	0.28	0.03	0.011	0.92	<0.01	0.256	18.926	<0.002	<0.001	13.800	3.548	5.457	0.262	22.508	<0.001	0.139	<0.01	2.000	6.8	149	287	22.3	182.49	9.05E-03
P2C-7.5-10/04	out/04	0.11	8.75	<0.005	0.48	0.02	0.01	0.18	<0.01	0.146	12.331	<0.002	<0.001	21.700	3.042	3.657	0.193	13.004	<0.001	0.142	<0.01	2.500	5.8	172	234	21.6	108.55	3.41E-03
P2C-7.5-11/04	nov/04	0.13	8.83	0.05	0.42	0.04	0.02	0.18	0.008	0.195	12.332	<0.002	<0.001	21.976	2.794	4.012	0.188	12.890	<0.001	0.142	<0.01	2.200	5.8	89	234	23.1	114.29	3.91E-03
P2C-7.5-12/04	dez/04	0.13	8.81	<0.005	0.42	0.03	0.03	0.60	0.010	0.223	17.874	<0.002	<0.001	19.367	3.398	4.906	0.243	15.747	<0.001	0.185	<0.01	2.100	-	77	348	21.9	-	-
P2C-7.5-01/05	jan/05	0.21	23.44	<0.005	0.34	0.02	0.01	9.73	0.009	0.166	25.718	<0.002	<0.001	3.733	3.685	4.912	0.172	54.738	<0.001	0.210	<0.01	2.700	6.2	43	404	22.2	191.56	1.40E-02
P2C-7.5-02/05	fev/05	0.15	12.77	0.06	0.34	0.01	0.06	3.66	<0.01	0.166	17.714	<0.002	<0.001	18.739	3.057	4.117	0.187	23.492	<0.001	0.161	0.006	2.000	6.0	89	279	22.5	137.47	6.81E-03
P2C-7.5-03/05	mar/05	0.14	8.91	0.02	0.32	0.02	0.06	1.83	0.012	0.176	20.631	<0.002	<0.001	9.257	3.118	3.573	0.167	9.991	0.001	0.176	0.007	2.100	5.9	214	208	22.2	103.54	4.05E-03
P2C-7.5-04/05	abr/05	0.17	9.76	0.02	0.39	0.06	0.08	1.06	0.009	0.165	9.200	<0.002	<0.001	25.140	2.512	2.711	0.143	9.679	0.001	0.108	0.006	2.500	5.8	207	194	22.0	113.38	3.78E-03
P2C-13.5-2/04	fev/04	0.18	46.29	<0.005	<0.005	0.17	0.04	2.86	0.480	0.340	37.050	0.020	0.010	7.820	8.500	6.900	0.780	48.500	0.020	0.480	<0.008	-	6.7	87	503	22.3	182.92	4.03E-02
P2C-13.5-3/04	mar/04	0.43	50.13	<0.005	0.46	0.18	0.03	4.02	0.080	0.280	45.200	<0.01	<0.01	7.430	8.000	5.400	0.770	46.000	<0.01	0.400	<0.01	0.200	6.7	125	572	20.0	217.61	3.05E-02
P2C-13.5-4/04	abr/04	0.35	40.13	<0.005	0.46	0.06	0.03	3.74	<0.01	0.257	42.433	<0.002	<0.001	15.975	7.331	4.876	0.452	48.048	<0.001	0.356	0.016	0.200	6.4	113	522	21.3	216.43	2.95E-02
P2C-13.5-5/04	jun/04	0.25	41.18	<0.005	0.56	0.08	0.02	3.74	<0.01	0.257	41.254	<0.002	<0.001	13.979	8.271	4.773	0.479	48.196	<0.001	0.333	<0.01	6.5	100	557	20.8	189.83	2.93E-02	
P2C-13.5-6/04	jun/04	0.22	34.36	<0.005	0.55	0.03	0.06	5.28	0.008	0.224	30.425	<0.002	<0.001	13.542	8.076	4.769	0.358	47.326	<0.001	0.315	<0.01	-	6.2	131	448	21.1	176.21	1.48E-02
P2C-13.5-7/04	ago/04	0.18	27.89	<0.005	0.57	0.03	<0.010	4.07	0.049	0.224	27.675	<0.002	<0.001	14.216	7.747	3.629	0.295	39.002	<0.001	0.276	0.007	-	6.2	22	393	21.0	183.94	1.48E-02
P2C-13.5-8/04	set/04	0.18	24.91	<0.005	0.55	<0.005	<0.010	3.96	0.006	0.234	25.201	<0.002	<0.001	11.583	7.431	3.936	0.283	37.208	<0.001	0.286	0.010	0.300	6.2	112	395	22.4	158.95	1.91E-02
P2C-13.5-9/04	out/04	0.14	18.42	<0.005	0.52	0.04	0.01	2.77	<0.01	0.215	18.992	<0.002	<0.001	18.328	6.102	3.479	0.247	28.568	<0.001	0.225	0.010	0.800	6.0	142	316	21.9	136.86	6.84E-03
P2C-13.5-10/04	nov/04	0.12	16.64	<0.005	0.50	0.02	0.02	2.63	0.010	0.035	17.257	<0.002	<0.001	17.417	5.164	2.634	0.196	27.462	<0.001	0.190	<0.01	0.500	6.0	59	286	23.3	132.71	5.83E-03
P2C-13.5-11/04	dez/04	0.12	16.05	<0.005	0.51	<0.005	0.02	2.60	0.012	0.207	16.637	<0.002	<0.001	18.013	6.030	3.077	0.215	30.171	<0.001	0.195	0.006	0.700	6.4	44	298	22.0	141.61	1.88E-02
P2C-13.5-12/04	jan/05	0.18	17.14	0.03	0.48	0.00	0.14	3.11	0.013	0.224	16.708	<0.002	<0.001	20.412	6.630	3.441	0.230	36.669	<0.001	0.209	<0.01	0.600	6.2	197	303	21.9	163.41	1.14E-02
P2C-13.5-01/05	fev/05	0.28	14.35	0.04	0.46	0.08	0.15	2.86	0.008	0.202	16.361	<0.002	<0.001	18.957	5.620	2.974	0.204	30.269	<0.001	0.191	<0.01	0.700	6.1	81	264	22.5	140.80	7.79E-03
P2C-13.5-02/05	mar/05	0.19	11.21	0.06	0.46	0.14	0.08	1.89	0.014	0.186	13.003	<0.002	<0.001	19.02	5.368	2.768	0.194	24.236	<0.001	0.172	0.008	0.800	6.1	16	263	22.1	235.59	3.33E-02
P2C-13.5-03/05	abr/05																											

Anexo 4. Dados Químicos – Vila Eutália

Nome	Data	F	Cl	NO ₃ ⁻	Br	NO ₃ ⁻	HPO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄ ⁺	pH	Eh	CE	T(°C)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻
PIV-3-2/04	feb/04	0.04	16.53	0.74	<0.005	0.13	0.05	10.57	0.080	0.190	12.100	<0.02	<0.05	4.080	5.200	3.050	0.120	19.200	<0.04	0.100	<0.008	-	6.3	95	213	23.0	95.90	9.01E-03
PIV-3-3/04	mar/04	0.17	13.16	<0.005	0.02	0.06	0.04	8.76	0.050	0.180	9.600	<0.01	<0.01	3.390	4.700	2.400	0.100	17.600	<0.01	0.090	<0.01	1.3	6.3	13	192	22.7	72.10	7.09E-03
PIV-3-4/04	abr/04	0.10	20.41	<0.005	0.05	0.10	0.04	7.22	0.010	0.185	10.880	<0.02	<0.01	2.250	5.630	2.810	0.086	20.900	<0.01	0.058	<0.01	1.5	6.3	134	22.7	73.19	7.21E-03	
PIV-3-5/04	mai/04	0.10	20.41	<0.005	0.05	0.10	0.04	7.22	0.010	0.185	10.880	<0.02	<0.01	2.250	5.630	2.810	0.086	20.900	<0.01	0.058	<0.01	1.5	6.3	134	22.7	73.19	7.21E-03	
PIV-3-6/04	jun/04	0.10	26.15	<0.005	0.08	0.12	0.01	6.92	0.010	0.194	12.050	<0.02	<0.01	2.410	5.630	3.120	0.097	26.150	<0.01	0.090	<0.01	3.4	6.1	165	24.1	85.21	4.05E-03	
PIV-3-7/04	jul/04	0.10	26.95	<0.005	0.08	0.12	0.01	6.92	0.010	0.194	12.050	<0.02	<0.01	2.410	5.630	3.120	0.097	26.150	<0.01	0.090	<0.01	-	6.0	163	24.1	85.21	3.07E-03	
PIV-3-8/04	ago/04	0.10	29.32	<0.005	0.08	0.57	0.02	6.78	0.023	0.203	11.960	<0.02	<0.01	0.366	6.238	3.420	0.101	26.950	<0.01	0.065	0.005	-	6.1	79	256	20.4	72.98	4.11E-03
PIV-3-9/04	set/04	0.17	32.72	<0.005	0.10	0.09	0.01	7.15	0.041	0.205	12.118	<0.02	<0.01	1.819	7.528	3.426	0.107	30.893	<0.01	0.066	<0.01	2.0	6.0	35	27.7	71.7	3.42E-03	
PIV-3-10/04	out/04	0.10	33.56	<0.005	0.13	0.05	0.01	7.09	0.085	0.221	12.306	<0.02	<0.01	2.843	7.635	3.607	0.110	32.331	<0.01	0.067	<0.01	2.0	5.9	0	285	22.9	77.06	3.09E-03
PIV-3-11/04	nov/04	0.09	33.68	<0.005	0.10	0.50	0.05	8.49	0.031	0.228	11.174	<0.02	<0.01	2.045	7.143	2.981	0.091	32.364	<0.01	0.071	<0.01	2.9	6.2	34	27.9	76.26	5.43E-03	
PIV-3-12/04	dez/04	0.10	36.63	<0.005	0.11	1.43	0.02	7.75	0.028	0.202	10.111	<0.02	<0.01	1.976	7.786	3.361	0.092	34.507	<0.01	0.058	<0.01	4.0	5.8	43	286	22.5	75.80	2.93E-03
PIV-3-01/05	jan/05	0.12	31.93	0.35	0.10	6.92	0.03	8.03	0.033	0.196	10.918	<0.02	<0.01	3.040	7.900	3.526	0.092	32.457	<0.01	0.067	0.007	1.9	6.2	245	25.1	72.90	6.10E-03	
PIV-3-02/05	fev/05	0.12	30.70	0.07	0.08	13.35	0.02	9.16	0.016	0.130	12.177	<0.02	<0.01	0.026	7.738	3.639	0.074	32.154	<0.01	0.056	0.006	1.6	5.9	188	25.2	73.7	95.48	2.32E-03
PIV-3-03/05	mar/05	0.13	30.70	0.07	0.08	13.35	0.02	9.16	0.016	0.130	12.177	<0.02	<0.01	0.026	7.738	3.639	0.074	32.154	<0.01	0.056	0.006	1.6	5.9	188	25.2	73.7	95.48	2.32E-03
PIV-3-04/05	abr/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-05/05	mai/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-06/05	jun/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-07/05	jul/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-08/05	ago/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-09/05	set/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-10/05	out/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-11/05	nov/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-12/05	dez/05	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-01/06	jan/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-02/06	fev/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-03/06	mar/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-04/06	abr/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-05/06	mai/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-06/06	jun/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-07/06	jul/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-08/06	ago/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-09/06	set/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-10/06	out/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-11/06	nov/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-12/06	dez/06	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-01/07	jan/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-02/07	fev/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-03/07	mar/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-04/07	abr/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-05/07	mai/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-06/07	jun/07	0.13	29.25	0.14	0.06	7.38	0.06	11.36	0.019	0.175	11.659	<0.02	<0.01	0.264	7.726	3.495	0.072	29.932	0.001	0.058	0.007	0.0	6.0	238	23.3	74.0	97.01	3.06E-03
PIV-3-07/07	jul/07	0.13	29.25																									

Name	Data	F	Cl	NO2	Br	NO3	HPD04	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH4	pH	En	CE	T	HCO3	CO3	
P3V-6-904	sed04	0.28	18.86	-0.005	0.05	24.59	-0.010	8.62	0.011	0.272	68.035	-0.002	-0.001	0.025	9.674	5.278	0.028	45.525	-0.001	0.309	0.008	-	6.7	216	593	22.8	-	280.55	8.14E-02
P3V-6-1004	out04	0.18	15.86	-0.005	0.04	27.31	0.01	6.08	-0.01	0.254	78.225	-0.002	-0.001	0.025	9.674	5.272	0.020	42.772	-0.001	0.339	-0.01	6.8	233	607	24.7	23.6	272.79	9.52E-02	-
P3V-6-1104	sed04	0.15	15.62	-0.005	0.03	25.57	0.02	16.58	0.012	0.324	79.383	-0.002	-0.001	0.043	9.369	5.930	0.032	40.161	0.001	0.334	0.005	-0.02	6.9	249	604	23.6	272.79	9.52E-02	-
P3V-6-1204	sed04	0.15	15.85	-0.005	0.03	25.96	0.02	16.58	0.012	0.310	60.190	-0.002	-0.001	0.043	11.025	5.249	0.025	42.294	0.002	0.285	0.005	0.1	6.9	268	568	25.2	234.19	1.00E-01	-
P3V-6-0105	sed05	0.18	15.76	-0.005	0.03	27.31	0.02	6.08	-0.01	0.254	78.225	-0.002	-0.001	0.025	9.674	5.272	0.020	42.772	-0.001	0.339	-0.01	6.8	233	607	24.7	23.6	272.79	9.52E-02	-
P3V-6-0205	sed05	0.18	15.76	-0.005	0.03	27.31	0.02	6.08	-0.01	0.254	78.225	-0.002	-0.001	0.025	9.674	5.272	0.020	42.772	-0.001	0.339	-0.01	6.8	233	607	24.7	23.6	272.79	9.52E-02	-
P3V-6-0305	sed05	0.18	15.76	-0.005	0.03	27.31	0.02	6.08	-0.01	0.254	78.225	-0.002	-0.001	0.025	9.674	5.272	0.020	42.772	-0.001	0.339	-0.01	6.8	233	607	24.7	23.6	272.79	9.52E-02	-
P3V-6-0405	sed05	0.18	15.41	0.10	-0.005	0.14	0.02	26.32	0.14	3.91	62.00	-0.002	-0.001	0.006	10.449	5.192	0.051	37.250	0.001	0.248	-0.01	-0.02	6.5	305	456	24.4	355.67	1.45E-02	-
P3V-6-0504	sed04	0.42	15.67	0.14	-0.005	0.13	0.27	0.02	0.12	-0.05	64.800	-0.020	-0.001	0.006	13.400	11.650	0.160	15.400	0.030	0.440	0.010	-	7.0	365	450	28.0	265.21	1.53E-01	-
P3V-6-15-304	sed04	0.58	13.63	-0.005	0.16	0.15	0.13	0.08	0.008	0.586	46.359	-0.01	-0.01	0.380	13.800	10.650	0.260	8.300	-0.001	0.343	-0.01	0.6	6.7	41	392	24.0	195.93	2.43E-02	-
P3V-6-15-404	sed04	0.49	13.61	-0.005	0.16	0.15	0.13	0.08	0.008	0.586	46.359	-0.01	-0.01	0.380	13.800	10.650	0.260	8.300	-0.001	0.343	-0.01	0.6	6.7	41	392	24.0	195.93	2.43E-02	-
P3V-6-15-504	sed04	0.68	13.71	-0.005	0.13	0.06	0.02	0.08	0.011	0.714	43.354	-0.002	-0.001	0.154	13.014	10.744	0.158	9.423	-0.001	0.369	-0.01	-	6.8	87	23.1	84.7	155.14	5.33E-02	-
P3V-6-15-604	sed04	0.56	12.18	-0.005	0.17	0.10	0.02	0.08	0.007	0.679	37.856	-0.002	-0.001	0.070	11.523	9.644	0.131	8.274	-0.001	0.341	-0.01	-	6.7	76	397	23.3	84.92	2.20E-02	-
P3V-6-15-704	sed04	0.57	13.17	-0.005	0.13	0.04	-0.010	0.06	-0.01	0.687	39.716	-0.002	-0.001	0.120	12.553	10.588	0.137	7.097	-0.001	0.374	-0.01	-	6.8	60	403	23.4	151.76	6.01E-02	-
P3V-6-15-804	sed04	0.52	12.71	-0.007	0.13	0.05	0.02	0.10	0.009	0.860	41.265	-0.002	-0.001	0.109	13.167	10.286	0.140	7.110	-0.001	0.384	-0.01	-	6.7	65	414	23.7	160.99	6.03E-02	-
P3V-6-15-1004	sed04	0.50	14.53	0.11	0.12	0.09	0.03	1.00	-0.001	0.981	38.705	-0.002	-0.001	0.624	13.054	1.256	0.187	11.827	-0.001	0.376	-0.01	0.5	6.8	50	414	25.2	171.50	5.72E-02	-
P3V-6-15-1104	sed04	0.46	13.71	0.13	0.12	0.09	0.03	1.00	-0.001	1.021	38.824	-0.002	-0.001	0.380	13.935	9.856	0.134	8.731	-0.001	0.368	-0.01	0.4	7.0	77	407	24.3	172.53	8.91E-02	-
P3V-6-15-1204	sed04	0.47	14.82	-0.005	0.12	0.04	0.03	0.45	0.012	1.174	35.822	-0.002	-0.001	0.737	10.350	1.333	0.109	0.001	0.388	-0.01	0.4	7.0	77	407	24.3	172.53	8.91E-02	-	
P3V-6-15-0705	sed05	0.43	14.88	0.06	0.10	0.64	0.03	3.97	0.01	0.470	40.710	-0.002	-0.001	0.354	18.678	10.354	0.121	12.275	0.001	0.442	-0.01	0.3	7.3	84	384	23.8	105.02	1.78E-01	-
P3V-6-15-0205	sed05	0.43	16.31	0.09	0.09	2.65	0.04	5.23	0.009	1.059	45.741	-0.002	-0.001	0.380	20.210	10.172	0.168	13.814	0.002	0.489	-0.01	0.4	498	26.8	248	26.4	196.25	6.88E-02	-
P3V-6-15-0305	sed05	0.43	14.71	0.04	0.11	0.30	0.02	1.79	-0.01	1.116	46.550	-0.002	-0.001	0.247	16.740	10.511	0.170	10.612	0.002	0.438	-0.01	0.2	6.8	101	401	26.5	203.40	5.74E-02	-
P3V-6-15-0405	sed05	0.36	22.56	0.14	0.07	9.01	0.04	8.35	0.041	0.980	45.238	-0.002	0.005	0.055	24.400	9.465	0.068	10.046	0.002	0.373	0.011	-0.02	7.1	262	243	23.1	135.01	1.35E-01	-
P3V-6-15-5004	sed04	0.46	14.76	-0.005	0.06	18.80	-0.01	0.30	-0.016	0.260	36.900	-0.002	-0.001	0.001	3.100	2.360	0.260	17.000	-0.01	0.193	-0.01	0.5	6.0	220	294	23.2	114.44	5.64E-03	-
P3V-6-15-5004	sed04	0.24	25.47	-0.005	0.01	18.80	-0.01	0.30	-0.016	0.260	36.900	-0.002	-0.001	0.001	3.100	2.360	0.260	17.000	-0.01	0.193	-0.01	0.5	6.0	220	294	23.2	114.44	5.64E-03	-
P3V-6-15-1204	sed04	0.08	26.02	-0.005	0.06	17.84	0.01	0.26	0.021	0.246	24.689	-0.002	-0.001	0.007	3.683	1.812	0.230	18.314	-0.001	0.096	0.006	0.5	5.7	396	207	24.7	12.86	1.28E-03	-
P3V-6-15-0404	sed04	0.09	26.84	-0.005	0.08	19.07	0.02	0.24	0.027	0.249	24.371	-0.002	-0.001	0.007	3.457	1.941	0.225	17.567	-0.001	0.095	0.006	0.5	5.6	352	232	22.9	56.75	1.17E-03	-
P3V-6-15-0404	sed04	0.03	26.55	-0.005	0.10	14.62	-0.010	0.27	0.040	0.258	16.737	-0.002	-0.001	0.009	2.892	1.818	0.218	15.268	-0.001	0.075	0.011	-	5.2	427	227	22.2	47.26	5.08E-04	-
P3V-6-15-0704	sed04	0.04	26.46	-0.005	0.07	21.47	-0.010	0.14	0.063	0.259	11.911	-0.002	-0.001	0.011	3.531	1.548	0.208	16.923	-0.001	0.090	0.013	-	5.0	387	179	22.2	17.26	1.28E-04	-
P3V-6-15-0804	sed04	0.03	33.12	-0.005	0.08	10.47	0.02	1.02	0.010	0.203	12.233	-0.002	-0.001	0.026	3.086	1.961	0.198	14.240	-0.001	0.063	0.009	-	5.6	396	236	23.5	56.01	1.21E-03	-
P3V-6-15-0904	sed04	0.03	33.19	-0.005	0.08	10.47	0.02	1.15	0.007	0.202	12.233	-0.002	-0.001	0.026	3.086	1.961	0.198	14.240	-0.001	0.063	0.009	-	5.6	396	236	23.5	56.01	1.21E-03	-
P3V-6-15-1004	sed04	0.03	33.19	-0.005	0.08	10.47	0.02	1.15	0.007	0.202	12.233	-0.002	-0.001	0.026	3.086	1.961	0.198	14.240	-0.001	0.063	0.009	-	5.6	396	236	23.5	56.01	1.21E-03	-
P3V-6-15-1104	sed04	0.03	33.19	-0.005	0.08	10.47	0.02	1.15	0.007	0.202	12.233	-0.002	-0.001	0.026	3.086	1.961	0.198	14.240	-0.001	0.063	0.009	-	5.6	396	236	23.5	56.01	1.21E-03	-
P3V-6-15-1204	sed04	0.08	26.02	-0.005	0.06	17.84	0.01	0.26	0.021	0.246	24.689	-0.002	-0.001	0.007	3.683	1.812	0.230	18.314	-0.001	0.096	0.006	0.5	5.7	396	207	24.7	12.86	1.28E-03	-
P3V-6-15-0205	sed05	0.09	26.29	0.05	0.03	14.48	0.01	0.21	0.242	0.249	3.791	-0.002	-0.001	0.039	3.341	1.137	0.170	17.052	-0.001	0.026	0.015	0.4	444	129	23.7	4.7	33.85	3.35E-05	-
P3V-6-15-0305	sed05	0.10	28.47	0.16	0.04	15.64	0.03	0.14	0.363	0.216	2.863	-0.002	-0.001	0.018	3.961	0.961	0.159	17.052	-0.001	0.026	0.015	0.4	444	129	23.7	4.7	33.85	3.35E-05	-
P3V-6-15-0405	sed05	0.08	28.47	0.16	0.04	15.64	0.03	0.14	0.363	0.216	2.863	-0.002	-0.001	0.018	3.961	0.961	0.159	17.052	-0.001	0.026	0.015	0.4	444	129	23.7	4.7	33.85	3.35E-05	-
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.866	-0.002	-0.001	0.002	2.794	0.202	0.028	2.095	-0.001	0.011	0.022	0.1	5.5	432	30	24.0	1.29E-04	-	
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.866	-0.002	-0.001	0.002	2.794	0.202	0.028	2.095	-0.001	0.011	0.022	0.1	5.5	432	30	24.0	1.29E-04	-	
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.866	-0.002	-0.001	0.002	2.794	0.202	0.028	2.095	-0.001	0.011	0.022	0.1	5.5	432	30	24.0	1.29E-04	-	
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.866	-0.002	-0.001	0.002	2.794	0.202	0.028	2.095	-0.001	0.011	0.022	0.1	5.5	432	30	24.0	1.29E-04	-	
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.866	-0.002	-0.001	0.002	2.794	0.202	0.028	2.095	-0.001	0.011	0.022	0.1	5.5	432	30	24.0	1.29E-04	-	
P3V-6-15-5004	sed04	-0.016	0.25	-0.005	-0.005	0.44	0.04	0.33	0.007	0.042	1.86																		

Nome	Data	F	C1	NO2	Br	NO3	HP04	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fa	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH4	pH	Eh	CE	T	HC03	C03
PBV-16-3-004	mar/04	0,18	6,85	<0,005	<0,005	1,88	0,02	2,36	<0,01	0,350	69,600	<0,01	<0,01	1,400	63,000	4,600	0,660	9,100	<0,01	0,310	0,010	-	6,6	175	440	24,5	260,88	C03
PBV-16-4-004	mar/04	0,18	6,85	<0,005	<0,005	1,88	0,02	2,36	<0,01	0,350	69,600	<0,01	<0,01	1,400	63,000	4,600	0,660	9,100	<0,01	0,310	0,010	<0,2	6,4	175	440	24,5	260,88	C03
PBV-16-5-004	mar/04	0,18	6,85	<0,005	<0,005	1,88	0,02	2,36	<0,01	0,350	69,600	<0,01	<0,01	1,400	63,000	4,600	0,660	9,100	<0,01	0,310	0,010	<0,2	6,4	175	440	24,5	260,88	C03
PBV-16-6-004	mar/04	0,18	6,85	<0,005	<0,005	1,88	0,02	2,36	<0,01	0,350	69,600	<0,01	<0,01	1,400	63,000	4,600	0,660	9,100	<0,01	0,310	0,010	<0,2	6,4	175	440	24,5	260,88	C03
PBV-16-7-004	jun/04	0,10	15,09	<0,005	0,03	26,26	0,03	2,24	0,012	0,126	14,852	<0,002	<0,001	0,015	1,111	1,526	0,163	19,823	<0,001	0,079	0,086	-	5,9	369	212	24,7	48,24	7,15E-02
PBV-16-8-004	jun/04	0,13	12,40	<0,005	0,03	19,64	0,01	2,19	<0,01	0,347	32,657	<0,002	<0,001	0,463	4,250	2,811	0,934	19,699	<0,001	0,176	0,084	-	6,4	189	265	22,9	99,94	1,19E-02
PBV-16-8-004	ago/04	0,14	10,15	0,21	0,03	14,74	0,04	1,86	0,006	0,357	41,620	<0,002	-	0,149	5,011	3,344	0,943	15,884	<0,001	0,218	0,018	-	6,6	182	300	25,8	150,46	2,88E-02
PBV-16-8-004	set/04	0,15	8,40	0,30	0,03	9,47	0,03	1,36	<0,01	0,298	40,023	<0,002	<0,001	0,024	5,193	3,208	0,248	14,481	<0,001	0,189	<0,01	-	6,6	226	290	24,4	-	-
PBV-16-8-004	set/04	0,15	6,98	0,26	0,02	5,11	0,02	1,24	<0,01	0,311	37,745	<0,002	<0,001	0,204	5,282	3,363	0,248	13,455	<0,001	0,186	<0,01	-	6,7	180	286	25,1	119,43	2,75E-02
PBV-16-11-004	nov/04	0,16	6,31	<0,005	0,03	4,45	0,01	1,10	0,027	0,323	34,675	<0,002	<0,001	0,603	5,259	3,325	0,227	11,529	<0,001	0,183	0,030	0,1	7,2	276	284	23,6	131,34	1,10E-01
PBV-16-11-004	dez/04	0,14	6,31	<0,005	0,02	5,00	0,02	1,17	0,005	0,401	46,395	<0,002	<0,001	1,255	6,298	4,299	0,298	10,502	<0,001	0,232	0,016	0,1	6,5	377	429	28,0	140,67	2,98E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18	4,38	0,20	0,02	1,41	0,01	0,98	0,015	0,339	33,555	<0,002	<0,001	0,995	5,536	3,462	0,214	9,762	<0,001	0,176	0,028	0,1	6,7	66	219	22,9	122,39	3,02E-02
PBV-16-10-005	jan/05	0,18																										

Nome	Data	F	Cl	NO2	Br	NO3	HP04	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH4	pH	Eh	CE	T	HC03	CO3
PV4-3-3-04	mar/04	0.14	22,33	<-0.05	<-0.05	33,40	0.014	13,24	0.130	12,350	<-0.01	<-0.01	<-0.01	0,020	5,000	1,850	0,060	19,000	<-0.01	0,060	0,010	0.0	5.5	370	212	245	11,32	1,95E-03
PV4-3-5-04	mar/04	0.13	21,63	<-0.05	0.06	36,10	0.013	12,45	0.123	12,350	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,012	5,000	1,850	0,043	19,000	<-0.01	0,050	0,010	0.2	5.2	344	204	230	9,82	6,95E-03
PV4-4-5-04	jun/04	0.18	24,63	<-0.05	0.08	38,46	0.013	13,63	0.123	12,350	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,011	5,000	1,850	0,043	19,000	<-0.01	0,050	0,010	0.2	5.2	344	204	230	9,82	6,95E-03
PV4-4-6-04	jun/04	0.18	25,44	<-0.05	0.08	38,46	0.013	13,63	0.123	12,350	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,011	5,000	1,850	0,043	19,000	<-0.01	0,050	0,010	0.2	5.2	344	204	230	9,82	6,95E-03
PV4-4-7-04	jun/04	0.17	25,92	<-0.05	0.08	38,46	0.013	13,63	0.123	12,350	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,011	5,000	1,850	0,043	19,000	<-0.01	0,050	0,010	0.2	5.2	344	204	230	9,82	6,95E-03
PV4-4-8-04	ago/04	0.18	26,72	<-0.05	0.08	38,88	0.013	13,81	0.123	12,350	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,011	5,000	1,850	0,043	19,000	<-0.01	0,050	0,010	0.2	5.2	344	204	230	9,82	6,95E-03
PV4-4-9-04	set/04	0.15	28,79	<-0.05	0.08	33,06	0.011	12,94	0.076	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-4-10-04	out/04	0.17	27,79	<-0.05	0.08	32,51	0.011	13,10	0.076	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-4-11-04	nov/04	0.18	29,01	<-0.05	0.08	33,47	0.012	14,14	0.080	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-4-12-04	dez/04	0.18	28,82	<-0.05	0.08	33,97	0.015	13,81	0.080	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-01-05	jan/05	0.20	24,52	0.09	0.07	39,94	0.011	12,89	0.074	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-02-05	fev/05	0.19	24,52	0.09	0.07	39,94	0.011	12,89	0.074	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,015	6,107	2,095	0,031	21,303	<-0.01	0,022	0,010	0.2	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-03-05	mar/05	0.21	25,06	0.08	0.07	38,71	0.012	12,35	0.082	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,014	5,683	1,714	0,028	21,448	<-0.01	0,046	0,010	0.3	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-04-05	abr/05	0.23	28,73	<-0.05	0.06	40,85	0.017	12,35	0.082	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,010	5,683	1,714	0,028	21,448	<-0.01	0,046	0,010	0.3	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-05-04	abr/04	0.04	38,07	<-0.05	0.06	40,85	0.017	12,35	0.082	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,010	5,683	1,714	0,028	21,448	<-0.01	0,046	0,010	0.3	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-06-04	maio/04	0.04	38,07	<-0.05	0.06	40,85	0.017	12,35	0.082	10,799	<-0.02	<-0.01	<-0.01	0,010	5,683	1,714	0,028	21,448	<-0.01	0,046	0,010	0.3	4.6	376	220	22,2	2,03	3,99E-06
PV4-5-07-04	jun/04	0.05	45,80	<-0.05	0.09	0.04	0.02	0.08	0.247	0.011	2,786	<-0.02	<-0.01	6,905	2,224	1,073	0,052	16,758	<-0.01	0,028	0,009	-	5.1	138	176	23,3	3,72	2,42E-05
PV4-5-08-04	ago/04	0.04	44,19	<-0.05	0.09	0.05	0.03	2,42	0.008	0.151	2,000	<-0.02	<-0.01	9,503	2,144	0,048	0,049	18,971	<-0.01	0,027	0,016	-	5.1	116	172	22,5	7,79	4,94E-05
PV4-5-09-04	set/04	<-0.016	14,24	<-0.05	0.09	0.06	0.02	1,97	0.006	0.152	1,492	<-0.02	<-0.01	9,982	2,598	1,164	0,045	19,194	<-0.01	0,027	0,016	-	5.1	70	176	23,7	14,13	9,18E-05
PV4-5-10-04	out/04	<-0.016	43,18	<-0.05	0.10	0.05	0.02	1,83	0.005	0.143	1,274	<-0.02	<-0.01	9,885	2,598	1,164	0,045	19,194	<-0.01	0,027	0,016	-	5.1	70	176	23,7	14,13	9,18E-05
PV4-5-11-04	nov/04	<-0.016	44,42	<-0.05	0.10	0.05	0.02	1,83	0.005	0.143	1,274	<-0.02	<-0.01	9,885	2,598	1,164	0,045	19,194	<-0.01	0,027	0,016	-	5.1	70	176	23,7	14,13	9,18E-05
PV4-5-12-04	dez/04	<-0.016	44,42	<-0.05	0.10	0.05	0.02	1,83	0.005	0.143	1,274	<-0.02	<-0.01	9,885	2,598	1,164	0,045	19,194	<-0.01	0,027	0,016	-	5.1	70	176	23,7	14,13	9,18E-05
PV4-9-01-05	jan/05	0.08	37,80	<-0.05	0.08	0.04	0.02	1,37	0.021	0.118	0,902	<-0.02	<-0.01	8,345	2,115	0,869	0,034	22,484	<-0.01	0,018	<-0.01	0.5	5.5	24	159	23,1	13,07	1,86E-04
PV4-9-02-05	fev/05	0.07	37,42	<-0.05	0.08	0.04	0.02	1,37	0.025	0.127	1,180	<-0.02	<-0.01	9,020	2,278	0,912	0,039	19,529	<-0.01	0,022	0,009	0.5	5.1	52	160	24,2	12,20	8,30E-05
PV4-9-03-05	mar/05	0.09	41,60	<-0.05	0.09	0.06	0.07	1,73	0.025	0.129	0,958	<-0.02	<-0.01	8,613	2,328	0,911	0,034	21,488	<-0.01	0,022	<-0.01	0.5	5.1	209	159	23,3	15,18	9,64E-05
PV4-9-04-05	abr/05	0.03	39,33	<-0.05	<-0.005	28,46	0.04	15,90	0.060	0.140	18,400	<-0.02	<-0.01	0,050	14,200	2,300	0,160	57,000	<-0.01	0,150	<-0.01	0.7	6.4	268	407	23,5	15,18	1,72E-02
PV4-7-5-104	mar/04	0.18	27,66	<-0.05	<-0.005	25,73	0.01	9,09	0.060	0.150	18,400	<-0.02	<-0.01	0,050	14,200	2,300	0,160	57,000	<-0.01	0,150	<-0.01	0.7	6.4	268	407	23,5	15,18	1,72E-02
PV4-7-5-104	abr/04	0.18	27,66	<-0.05	<-0.005	25,73	0.01	9,09	0.060	0.150	18,400	<-0.02	<-0.01	0,050	14,200	2,300	0,160	57,000	<-0.01	0,150	<-0.01	0.7	6.4	268	407	23,5	15,18	1,72E-02
PV4-7-5-104	maio/04	0.15	27,66	<-0.05	0.08	28,92	0.03	7,59	0,026	0.189	24,643	<-0.02	<-0.01	0,010	15,945	3,110	0,162	45,821	<-0.01	0,183	0,009	-	6.4	221	86	22,7	15,73	3,13E-02
PV4-7-5-104	jun/04	0.15	27,66	<-0.05	0.08	28,92	0.03	7,59	0,026	0.189	24,643	<-0.02	<-0.01	0,010	15,945	3,110	0,162	45,821	<-0.01	0,183	0,009	-	6.4	221	86	22,7	15,73	3,13E-02
PV4-7-5-104	jul/04	0.15	27,66	<-0.05	0.08	28,92	0.03	7,59	0,026	0.189	24,643	<-0.02	<-0.01	0,010	15,945	3,110	0,162	45,821	<-0.01	0,183	0,009	-	6.4	221	86	22,7	15,73	3,13E-02
PV4-7-5-104	ago/04	0.13	28,68	<-0.05	0.08	36,76	0.03	7,02	<-0.01	0.206	21,835	<-0.02	<-0.01	0,023	11,506	2,845	0,161	39,572	<-0.01	0,142	0,013	0.1	6.2	269	345	24,3	96,83	7,38E-03
PV4-7-5-104	set/04	0.10	29,39	<-0.05	0.08	32,55	0.02	6,59	<-0.01	0.200	22,046	<-0.02	<-0.01	0,010	12,098	2,736	0,145	31,212	<-0.01	0,149	0,011	0.1	6.0	259	341	22,8	78,86	3,98E-03
PV4-7-5-104	out/04	0.10	27,56	<-0.05	0.08	28,05	0.02	6,72	<-0.01	0.210	21,316	<-0.02	<-0.01	0,010	12,098	2,736	0,145	31,212	<-0.01	0,149	0,011	0.2	6.2	270	333	24,3	77,28	5,77E-03
PV4-7-5-1104	nov/04	0.12	25,08	<-0.05	0.07	24,60	0.03	7,82	0,019	0.209	22,211	<-0.02	<-0.01	0,022	14,654	2,617	0,137	29,956	<-0.01	0,165	0,009	0.0	5.0	222	327	22,8	89,02	4,00E-04
PV4-7-5-1204	dez/04	0.15	5,67	<-0.05	0.01	4,59	0.03	2,18	0,037	0.195	25,046	<-0.02	<-0.01	0,031	18,254	2,350	0,128	26,882	<-0.01	0,199	0,008	<-0.2	6.2	210	314	24,8	102,80	8,30E-03
PV4-7-5-1205	jan/05	0.11	18,20	<-0.05	0.04	18,68	0.02	5,96	0,016	0.141	16,552	<-0.02	<-0.01	0,020	12,348	1,787	0,062	21,272	<-0.01	0,130	0,005	<-0.2	6.5	162	228	22,9	69,62	1,19E-02
PV4-7-5-1205	fev/05	0.11	22,19	<-0.05	0.05	22,56	0.03	6,01	0,015	0.169	21,134	<-0.02	<-0.01	0,013	15,665	2,179	0,109	22,722	<-0.01	0,162	0,007	0.1	6.3	250	281	24,2	75,34	7,90E-03
PV4-7-5-1205	mar/05	0.12	16,44	<-0.05	0.04	19,88	0.04	6,49	0,025	0.144	19,287	<-0.02	<-0.01	0,008	13,317	1,872	0,058	19,577	<-0.01	0,157	0,011	<-0.2	6.4	326	215	25,2	84,64	7,30E-03
PV4-7-5-1205	abr/05	0.13	16,44	<-0.05	0.04	19,88	0.04	6,49	0,025	0.144	19,287	<-0.02	<-0.01	0,008	13,317	1,872	0,058	19,577	<-0.01	0,157	0,011	<-0.2	6.4	326	215	25,2	84,64	7,30E-03
PV4-7-5-1205	maio/05	0.13	16,44	<-0.05	0.04	19,88	0.04	6,49	0,025	0.144	19,287	<-0.02	<-0.01	0,008	13,317	1,872	0,058	19,577	<-0.01	0,157								

Anexo 5. Resultados do Monitoramento dos Poços – USP

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

Poço	Nome	PIR				P2R				P3R				PAR				PIC				P2C			
		4.5	7.5	13.5	4.47-b	7.66-b	4.5	4.5	7.5	13.5	4.4-b	7.494-b	4.9	4.5	7.6	13.8	4.5	7.5	13.8	4.5	7.5	13.8			
Data	14/1/2004	95.675	95.695	95.375	95.775	95.725	95.693	95.574	95.562	95.198	96.574	97.550	95.579	96.365	96.361	95.415	96.377		95.415	96.377		95.385			
	15/1/2004	95.679	95.689	95.365	95.775	95.723	95.685	95.572	95.557	95.194	96.573	97.534	95.567	96.365	96.390	95.325	96.373		95.325	96.373		95.347			
	16/1/2004	95.691	95.708	95.376	95.783	95.747	95.693	95.584	95.589	95.195	96.592	97.552	95.589	96.365	96.365	95.417	96.411		95.417	96.411		95.368			
	17/1/2004	95.693	95.705	95.347	95.789	95.729	95.685	95.581	95.576	95.186	96.588	97.554	95.585	96.368	96.365	95.419	96.421		95.419	96.421		95.365			
	18/1/2004	95.645	95.695	95.355	95.783	95.727	95.681	95.576	95.571	95.168	96.584	97.539	95.577	96.353	96.351	95.411	96.410		95.411	96.410		95.365			
	19/1/2004	95.670	95.687	95.341	95.773	95.720	95.675	95.570	95.566	95.178	96.567	97.539	95.575	96.340	96.341	95.393	96.400		95.393	96.400		95.363			
	20/1/2004	95.685	95.690	95.342	95.768	95.723	95.690	95.572	95.570	95.164	96.562	97.541	95.574	96.340	96.333	95.378	96.389		95.378	96.389		95.357			
	22/1/2004	95.757	95.767	95.335	95.808	95.795	95.736	95.622	95.622	95.171	96.614	97.575	95.617	96.371	96.365	95.386	96.395		95.386	96.395		95.364			
	23/1/2004	95.789	95.790	95.332	95.839	95.808	95.756	95.657	95.657	95.155	96.628	97.590	95.624	96.381	96.376	95.386	96.406		95.386	96.406		95.384			
	24/1/2004	95.792	95.818	95.334	95.858	95.840	95.780	95.684	95.653	95.157	96.634	97.613	95.644	96.408	96.403	95.389	96.383		95.389	96.383		95.350			
	25/1/2004	95.791	95.839	95.348	95.875	95.857	95.807	95.691	95.676	95.167	96.658	97.626	95.666	96.429	96.419	95.404	96.474		95.404	96.474		95.391			
	26/1/2004	95.814	95.853	95.351	95.904	95.869	95.807	95.703	95.678	95.178	96.672	97.633	95.670	96.436	96.428	95.414	96.480		95.414	96.480		95.391			
	28/1/2004	96.004	96.021	95.417	96.097	96.021	96.057	96.103	96.078	95.240	96.804	97.747	95.851	96.620	96.611	95.476	96.537		95.476	96.537		95.413			
	30/1/2004	95.992	95.986	95.459	96.091	95.996	95.965	95.866	95.867	95.264	96.807	97.736	95.788	96.630	96.623	95.516	96.569		95.516	96.569		95.449			
	31/1/2004	96.039	96.024	95.499	99.125	99.125	96.019	95.933	95.918	95.298	100.084	101.084	95.831	96.679	96.669	95.549	96.611		95.549	96.611		95.491			
	11/2/2004	96.021	96.013	95.608	96.165	96.036	95.998	95.845	95.856	95.406	96.832	97.785		96.768	96.764	95.657	96.828		95.657	96.828		95.657			
	16/2/2004	95.994	95.989	95.590	96.061	96.018	95.962	95.840	95.831	95.397	96.793	97.772	95.806	96.717	96.713	95.649	95.800		95.649	95.800		95.643			
	20/2/2004	95.944	95.954	95.611	96.048	95.981	95.929	95.808	95.798	95.408	96.771	97.743	95.781	96.688	96.680	95.667	96.115		95.667	96.115		95.647			
	27/2/2004	96.153	96.127	95.776	96.265	96.160	96.123	96.013	95.995	95.555	96.931	97.897	95.951	96.977	96.969	95.843	97.005		95.843	97.005		95.805			
	1/3/2004	96.092	96.081	95.759	96.209	96.114	96.071	95.938	95.936	95.544	96.898	97.869	95.908	96.901	96.899	95.822	96.968		95.822	96.968		95.821			
	4/3/2004	96.122	96.104	95.733	96.187	96.137	96.096	96.082	96.104	95.516	96.925	97.890	95.935	96.915	96.908	95.796	96.984		95.796	96.984		95.827			
	5/3/2004	96.141	96.115	95.722	96.213	96.147	96.117	96.049	96.067	95.493	96.928	97.898	95.951	96.928	96.919	95.788	96.987		95.788	96.987		95.825			
	11/3/2004	96.116	96.122	95.787	96.191	96.157	96.108	95.981	95.968	95.563	96.941	97.915	95.952	96.967	96.958	95.840	96.981		95.840	96.981		95.846			
	13/3/2004	96.100	96.095	95.771	96.196	96.128	96.074	95.946	95.947	95.560	96.915	97.894	95.930	96.915	96.904	95.834	96.972		95.834	96.972		95.859			
	15/3/2004	96.102	96.097	95.769	96.179	96.130	96.076	95.952	95.950	95.564	96.916	97.900	95.931	96.909	96.901	95.823	96.961		95.823	96.961		95.868			
	17/3/2004	96.079	96.074	95.737	96.171	96.111	96.056	95.940	95.934	95.530	96.906	97.886	95.915	96.867	96.858	95.796	96.961		95.796	96.961		95.873			
	19/3/2004	96.066	96.059	95.709	96.153	96.097	96.042	95.923	95.918	95.507	96.888	97.877	95.902	96.836	96.886	95.771	96.889		95.771	96.889		95.870			
	20/3/2004	96.145	96.139	95.729	96.193	96.170	96.133	96.115	96.213	95.528	96.932	97.926	95.976	96.939	96.930	95.787	97.003		95.787	97.003		95.870			
	23/3/2004	99.125	99.125	99.125	99.125	99.125	99.185	99.084	99.084	99.084	100.084	101.084	99.047	96.878	96.869	95.754	96.993		95.754	96.993		95.888			
	25/3/2004	96.082	96.079	95.680	96.164	96.111	96.062	95.940	99.084	95.476	96.906	97.889	95.919	96.853	96.843	95.743	96.911		95.743	96.911		95.701			
	27/3/2004	96.066	96.062	95.667	96.146	96.096	96.042	95.926	99.084	95.465	96.892	97.876	95.906	96.821	96.820	95.720	96.887		95.720	96.887		95.701			
	30/3/2004	96.060	96.061	95.646	96.138	96.092	96.037	95.916	99.084	95.453	96.891	97.875	95.899	96.799	96.796	95.708	96.879		95.708	96.879		95.756			
	1/4/2004	96.049	96.048	95.639	96.135	96.081	96.027	95.915	95.906	95.451	96.883	97.866	95.895	96.785	96.777	95.699	96.869		95.699	96.869		95.748			
	5/4/2004	96.041	96.038	95.601	96.124	96.071	96.017	95.908	95.900	95.411	96.881	97.862	95.887	96.751	96.747	95.653	96.823		95.653	96.823		95.746			
	6/4/2004	96.057	96.051	95.587	96.126	96.086	96.026	95.918	95.915	95.400	96.885	97.866	95.890	96.745	96.736	95.635	96.813		95.635	96.813		95.744			
	8/4/2004	96.089	96.086	95.616	96.159	96.119	96.075	95.999	96.018	95.430	96.922	97.897	95.933	96.815	96.811	95.667	96.879		95.667	96.879		95.738			
	12/4/2004	96.053	96.046	95.611	96.141	96.084	96.026	95.915	95.914	95.425	96.874	97.889	95.894	96.750	96.744	95.662	96.851		95.662	96.851		95.732			
	14/4/2004	96.037	96.029	95.594	96.134	96.068	96.012	95.905	95.896	95.408	96.877	97.861	95.883	96.725	96.719	95.650	96.844		95.650	96.844		95.733			
	15/4/2004	96.041	96.036	95.605	96.119	96.071	96.017	95.892	95.892	95.425	96.878	97.865	95.889	96.731	96.727	95.659	96.828		95.659	96.828		95.735			
	16/4/2004	96.038	96.034	95.601	96.121	96.069	96.013	95.892	95.896	95.416	96.881	97.863	95.889	96.729	96.724	95.658	96.794		95.658	96.794		95.735			
	22/4/2004	96.054	96.047	95.558	96.083	96.082	96.026	95.921	95.918	95.373	96.885	97.878	95.903	96.737	96.733	95.609	95.858		95.609	95.858		95.627			
	24/4/2004	96.024	96.019	95.537	96.077	96.054	96.003	95.883	95.893	95.350	96.867	97.853	95.877	96.700	96.697	95.591	96.764		95.591	96.764		95.583			
	26/4/2004	96.009	96.003	95.507	96.092	96.041	95.987	95.867	95.881	95.325	96.857	97.840	95.864	96.680	96.674	95.532	96.741		95.532	96.741		95.574			
	29/4/2004	96.000	95.996	95.489	96.089	96.031	95.984	95.872	95.865	95.298	96.844	97.833	95.858	96.663	96.657	95.545	96.721		95.545	96.721		95.549			
	1/5/2004	95.989	95.979	95.487	96.070	96.019	95.971	95.854	95.862	95.305	96.836	97.818	95.845	96.647	96.641	95.538	96.709		95						

Poço	Nome	PIR				P2R	P3R				PAR	PIC				P2C			
		4.5	7.5	13.5	4.47-b		7.66-b	4.5	7.5	13.5		4.4-b	7.494-b	4.9	4.5	7.6	13.8	4.5	7.5
Data	14/6/2004	96.007	95.992	95.581	96.101	96.031	95.986	95.941	95.911	95.399	96.859	97.842	95.868	96.718	96.713	95.636	96.786	96.818	95.619
	16/6/2004	96.008	96.001	95.569	96.089	96.041	95.996	95.882	95.887	95.388	96.862	97.855	95.881	96.731	96.726	95.630	96.765	96.830	95.603
	18/6/2004	99.125	99.125	99.125	99.125	99.125	99.185	99.084	99.084	99.084	100.084	101.084	99.047	96.691	96.686	95.627	96.761	96.798	95.621
	21/6/2004	95.965	95.959	95.561	96.042	95.996	95.952	95.843	95.850	95.375	96.830	97.820	95.838	96.666	96.657	95.616	95.953	96.753	95.630
	24/6/2004	95.953	95.947	95.566	96.031	95.987	95.937	95.824	95.835	95.390	96.820	97.811	95.828	96.647	96.639	95.616	96.706	96.735	95.627
	28/6/2004	95.932	95.926	95.532	96.009	95.966	95.916	95.813	95.821	95.356	96.806	97.796	95.811	96.609	96.602	95.587	96.671	96.699	95.630
	27/2004	95.919	95.911	95.514	95.997	95.952	95.897	95.796	95.805	95.348	96.791	97.786	95.799	96.586	96.579	95.567	96.648	96.671	95.619
	5/7/2004	95.904	95.896	95.484	95.981	95.939	95.887	95.783	95.795	95.320	96.779	97.772	95.787	96.562	96.556	95.537	96.624	96.650	95.608
	8/7/2004	95.897	95.892	95.479	95.976	95.933	95.883	95.778	95.788	95.315	96.776	97.766	95.784	96.555	96.549	95.533	96.615	96.641	95.589
	12/7/2004	95.949	95.946	95.495	96.017	95.981	95.926	95.838	95.884	95.321	96.812	97.802	95.819	96.617	96.611	95.551	96.679	96.706	95.613
	14/7/2004	95.931	95.926	95.507	95.999	95.965	95.912	95.812	95.836	95.335	96.801	97.795	95.809	96.600	96.592	95.557	96.661	96.691	95.598
	16/7/2004	95.918	95.913	95.510	95.990	95.956	95.901	95.798	95.805	95.343	96.793	97.786	95.800	96.585	96.577	95.566	96.643	96.674	95.603
	20/7/2004	96.182	96.155	95.587	96.212	96.191	96.194	96.646	96.646	95.402	97.008	97.932	96.038	96.911	96.893	95.638	96.956	96.988	95.647
	22/7/2004	96.099	96.069	95.626	96.180	96.107	96.067	96.034	96.012	95.430	96.915	97.887	95.929	96.834	96.820	95.682	96.890	96.929	95.685
	24/7/2004	96.037	96.027	95.631	96.135	96.066	96.019	95.907	95.914	95.436	96.882	97.865	95.898	96.784	96.777	95.687	96.847	96.889	95.699
	26/7/2004	96.017	96.009	95.626	96.097	96.049	95.992	95.880	95.895	95.445	96.846	97.862	95.869	99.365	99.365	99.365	99.397	99.397	95.693
	27/7/2004	99.125	99.125	99.125	99.125	99.125	99.185	99.084	99.084	99.084	100.084	101.084	99.047	96.691	96.686	95.616	96.706	96.735	95.627
	29/7/2004	95.994	95.987	95.638	96.074	96.029	95.971	95.866	95.876	95.485	96.846	97.840	95.858	96.719	96.710	95.696	96.781	96.820	95.686
	6/8/2004	95.956	95.948	95.601	96.035	95.991	95.937	95.825	95.838	95.425	96.820	97.812	95.827	96.651	96.644	95.656	96.713	96.751	95.639
	9/8/2004	95.934	95.929	95.547	96.012	95.970	95.916	95.815	95.822	95.370	96.805	97.796	95.810	96.621	96.616	95.606	96.684	96.719	95.603
	12/8/2004	95.921	95.916	95.526	95.999	95.958	95.902	95.799	95.805	95.353	96.790	97.782	95.794	96.599	96.593	95.575	96.661	96.698	95.581
	16/8/2004	95.907	95.901	95.465	95.986	95.944	95.889	95.782	95.792	95.291	96.778	97.771	95.788	96.581	96.573	95.519	96.642	96.676	95.516
	25/8/2004	95.875	95.873	95.411	95.957	95.919	95.860	95.760	95.767	95.241	96.755	97.742	95.757	96.535	96.523	95.480	96.595	96.623	95.465
	26/8/2004	95.860	95.855	95.398	95.943	95.898	95.846	95.741	95.751	95.225	96.737	97.729	95.743	96.513	96.508	95.444	96.578	96.609	95.447
	27/8/2004	95.863	95.855	95.394	95.944	95.898	95.848	95.743	95.750	95.222	96.742	97.720	95.744	96.509	96.510	95.443	96.578	96.609	95.446
	29/8/2004	95.858	95.853	95.380	95.944	95.898	95.848	95.739	95.744	95.205	96.736	97.729	95.745	96.500	96.507	95.428	96.578	96.607	95.429
	30/8/2004	95.853	95.850	95.366	95.935	95.893	95.837	95.734	95.744	95.193	96.730	97.722	95.738	96.501	96.496	95.418	96.566	96.597	95.418
	31/8/2004	95.852	95.851	95.371	95.925	95.884	95.844	95.731	95.744	95.202	96.732	97.727	95.734	96.500	96.492	95.416	96.557	96.592	95.421
	1/9/2004	95.848	95.846	95.371	95.928	95.887	95.835	95.721	95.739	95.178	96.728	97.719	95.734	96.490	96.487	95.417	96.556	96.582	95.421
	2/9/2004	95.858	95.858	95.369	95.920	95.896	95.842	95.731	95.742	95.201	96.729	97.725	95.736	96.488	96.484	95.419	96.551	96.579	95.416
	3/9/2004	95.854	95.854	95.353	95.918	95.895	95.836	95.723	95.739	95.178	96.728	97.717	95.734	96.486	96.482	95.404	96.546	96.570	95.408
	4/9/2004	95.852	95.851	95.338	95.920	95.892	95.833	95.725	95.737	95.162	96.722	97.711	95.728	96.476	96.472	95.386	96.540	96.572	95.392
	20/9/2004	95.795	95.793	95.295	95.870	95.835	95.782	95.664	95.681	95.126	96.663	97.655	95.677	96.420	96.411	95.345	96.480	96.507	95.340
	21/9/2004	95.788	95.788	95.301	95.862	95.827	95.773	95.658	95.674	95.141	96.659	97.653	95.674	96.413	96.408	95.344	96.468	96.490	95.345
	23/9/2004	95.788	95.778	95.301	95.841	95.821	95.769	95.654	95.671	95.140	96.650	97.646	95.667	96.407	96.399	95.345	96.460	96.490	95.340
	24/9/2004	95.783	95.782	95.306	95.846	95.819	95.765	95.629	95.663	95.151	96.650	97.644	95.658	96.397	96.389	95.354	96.457	96.485	95.351
	27/9/2004	99.125	99.125	99.125	99.125	99.125	95.753	95.634	95.652	95.087	96.642	97.631	95.650	96.383	96.377	95.303	96.444	96.468	95.309
	28/9/2004	95.763	95.766	95.257	95.817	95.797	95.752	95.626	95.646	95.086	96.633	97.623	95.640	96.381	96.374	95.309	96.445	96.566	95.304
	29/9/2004	95.758	95.762	95.261	95.810	95.798	95.744	95.622	95.643	95.103	96.631	97.627	95.641	96.378	96.372	95.308	96.435	96.457	95.336
	30/9/2004	95.752	95.757	95.238	95.830	95.792	95.740	95.614	95.632	95.074	96.622	97.611	95.634	96.373	96.367	95.295	96.420	96.458	95.335
	1/10/2004	95.748	95.748	95.260	95.812	95.787	95.721	95.605	95.634	95.094	96.615	97.606	95.628	96.366	96.366	95.305	96.427	96.450	95.318
	2/10/2004	95.748	95.749	95.255	95.805	95.788	95.735	95.612	95.631	95.088	96.600	97.596	95.625	96.372	96.360	95.300	96.424	96.447	95.320
	4/10/2004	95.749	95.752	95.262	95.811	95.787	95.720	95.605	95.624	95.101	96.622	97.604	95.629	96.368	96.366	95.311	96.424	96.448	95.335
	5/10/2004	95.751	95.747	95.258	95.794	95.783	95.727	95.605	95.631	95.107	96.611	97.611	95.630	96.365	96.361	95.307	96.414	96.447	95.328
	6/10/2004	95.736	95.734	95.248	95.817	95.780	95.720	95.592	95.595	95.092	96.604	97.609	95.622	96.357	96.353	95.306	96.414	96.433	95.333
	7/10/2004	95.736	95.736	95.253	95.802	95.770	95.720	95.603	95.621	95.092	96.607	97.601	95.615	96.350	96.348	95.300	96.411	96.439	95.338
	8/10/2004	95.737	95.736	95.256	95.793	95.768	95.721	95.600	95.607	95.096	96.602	97.587	95.615	96.350	96.342	95.298	96.408	96.425	95.314
	9/10/2004	95.730	95.735	95.261	95.791	95.775	95.721	95.597	95.619	95.096	96.597	97.595	95.610	96.345	96.337	95.306	96.403	96.428	95.300
11/10/2004	95.727	95.721	95.254	95.769	95.765	95.712	95.592	95.609	95.099	96.600	97.573	95.606	96.338	96.330	95.300	96.395	96.420	95.312	

Poço	Nome	PIR				P2R				P3R				PAR		PIC		P2C	
		4.5	7.5	13.5	4.47-b	7.66-b	4.5	7.5	13.5	4.4-b	7.494-b	4.9	4.5	7.6	13.8	4.5	7.5		
Data	21/10/2004	95.828	95.827	95.339	95.898	95.865	95.803	95.679	95.698	95.164	96.682	97.666	95.689	96.464	96.455	95.388	96.521	96.547	95.389
	22/10/2004	95.825	95.822	95.344	95.877	95.858	95.800	95.678	95.694	95.169	96.677	97.661	95.685	96.453	96.450	95.392	96.512	96.541	95.391
	24/10/2004	95.808	95.809	95.349	95.854	95.848	95.792	95.661	95.677	95.180	96.672	97.657	95.682	96.447	96.443	95.400	96.496	96.528	95.383
	25/10/2004	95.828	95.827	95.368	95.915	95.838	95.795	95.686	95.679	95.216	96.676	97.676	95.682	96.449	96.442	95.420	96.498	96.536	95.398
	26/10/2004	95.838	95.840	95.367	95.922	95.917	95.815	95.697	95.716	95.194	96.689	97.679	95.700	96.524	96.478	95.417	96.540	96.572	95.418
	27/10/2004	99.125	99.125	99.125	95.896	95.866	95.805	95.683	95.702	95.192	96.684	101.084	99.047	96.486	96.478	95.412	96.541	96.572	95.412
	28/10/2004	95.826	95.833	95.361	95.896	95.866	95.805	95.683	95.702	95.192	96.677	97.667	95.688	96.468	96.465	95.417	96.551	96.551	95.405
	29/10/2004	95.826	95.823	95.363	95.906	95.860	95.799	95.681	95.698	95.197	96.675	97.667	95.689	96.463	96.462	95.417	96.518	96.551	95.412
	30/10/2004	95.818	95.818	95.378	95.890	95.853	95.790	95.677	95.697	95.199	96.669	97.663	95.676	96.458	96.448	95.420	96.514	96.546	95.420
	1/11/2004	95.801	95.800	95.356	95.875	95.831	95.774	95.663	95.697	95.184	96.667	97.649	95.673	96.435	96.432	95.409	96.497	96.530	95.400
	2/11/2004	95.796	95.795	95.351	95.872	95.838	95.776	95.661	95.677	95.176	96.665	97.649	95.670	96.435	96.429	95.401	96.492	96.523	95.400
	3/11/2004	95.790	95.791	95.360	95.864	95.833	95.779	95.650	95.670	95.189	96.666	97.648	95.665	96.430	96.422	95.406	96.486	96.515	95.397
	4/11/2004	95.818	95.813	95.393	95.879	95.853	95.785	95.669	95.678	95.240	96.666	97.662	95.674	96.444	96.439	95.433	96.492	96.532	95.429
	5/11/2004	95.818	95.827	95.382	95.874	95.861	95.796	95.677	95.698	95.217	96.676	97.672	95.686	96.468	96.462	95.432	96.525	96.561	95.430
	7/11/2004	95.801	95.801	95.339	95.892	95.841	95.786	95.665	95.679	95.193	96.664	97.657	95.673	96.445	96.437	95.419	96.501	96.527	95.427
	8/11/2004	95.797	95.797	95.360	95.873	95.838	95.776	95.658	95.677	95.184	96.660	97.655	95.669	96.441	96.437	95.411	96.505	96.529	95.412
	9/11/2004	95.790	95.791	95.363	95.848	95.833	95.778	95.652	95.669	95.187	96.652	97.643	95.661	96.438	96.436	95.413	96.498	96.523	95.408
	11/11/2004	95.782	95.791	95.356	95.845	95.813	95.776	95.652	95.666	95.184	96.653	97.646	95.666	96.432	96.426	95.409	96.493	96.523	95.408
	12/11/2004	95.844	95.853	95.393	95.906	95.889	95.830	95.724	95.716	95.221	96.693	97.686	95.705	96.506	96.501	95.438	96.558	96.595	95.432
	13/11/2004	95.834	95.836	95.375	95.917	95.872	95.812	95.693	95.710	95.203	96.692	97.680	95.695	96.497	96.492	95.427	96.559	96.592	95.434
	14/11/2004	95.826	95.822	95.362	95.907	95.858	95.809	95.679	95.697	95.189	96.681	97.671	95.692	96.491	96.481	95.415	96.547	96.582	95.410
	15/11/2004	95.819	95.820	95.361	95.894	95.855	95.801	95.674	95.691	95.182	96.672	97.664	95.686	96.483	96.473	95.418	96.541	96.573	95.405
	16/11/2004	96.020	96.009	95.416	95.962	96.036	96.053	96.216	95.767	95.264	96.825	97.776	95.878	96.652	96.638	95.466	96.819	96.722	95.455
	17/11/2004	96.060	96.037	95.443	96.012	96.087	96.066	96.354	96.337	95.256	96.841	97.801	95.887	96.712	96.703	95.498	96.759	96.801	95.488
	19/11/2004	95.996	95.993	95.453	96.030	96.027	95.992	95.921	95.912	95.263	96.811	97.782	95.822	96.717	96.710	95.515	96.775	96.810	95.509
	20/11/2004	95.978	95.968	95.458	96.051	96.007	95.963	95.866	95.858	95.263	96.792	97.775	95.810	96.702	96.696	95.516	96.763	96.803	95.515
	21/11/2004	95.934	95.932	95.448	96.043	95.970	95.923	95.789	95.800	95.257	96.770	97.750	95.781	96.672	96.667	95.505	96.738	96.773	95.505
	22/11/2004	95.910	95.908	95.446	96.000	95.942	95.893	95.767	95.773	95.257	96.748	97.737	95.763	96.646	96.643	95.495	96.709	96.743	95.493
	23/11/2004	95.918	95.914	95.446	96.017	95.953	95.902	95.774	95.782	95.260	96.752	97.742	95.770	96.660	96.650	95.501	96.722	96.755	95.500
	25/11/2004	95.883	95.883	95.448	95.898	95.920	95.862	95.744	95.755	95.265	96.729	97.720	95.745	96.625	96.619	95.508	96.678	96.721	95.505
	26/11/2004	95.877	95.875	95.443	95.902	95.911	95.862	95.731	95.745	95.262	96.722	101.084	95.878	96.651	96.605	95.495	96.670	96.713	95.495
	7/12/2004	96.340	96.312	95.653	96.183	96.339	96.385	96.854	97.072	95.431	97.108	101.084	99.047	97.208	97.183	95.712	96.707	97.296	95.707
	8/12/2004	96.328	96.309	95.668	96.239	96.340	96.384	96.834	97.068	95.430	97.107	101.084	99.047	97.199	97.184	95.780	97.259	97.298	95.702
	12/12/2004	96.159	96.150	95.679	96.189	96.177	96.148	96.018	96.018	95.468	96.972	97.950	95.991	97.048	97.023	95.739	97.107	97.160	95.734
	13/12/2004	96.148	96.148	95.676	96.184	96.178	96.133	95.999	96.016	95.463	96.959	97.941	95.987	97.038	97.013	95.740	97.154	97.154	95.733
	14/12/2004	96.120	96.119	95.676	96.189	96.148	96.105	95.961	95.975	95.475	96.935	97.918	95.951	96.991	96.985	95.742	96.732	97.100	95.731
	15/12/2004	96.102	96.100	95.668	96.188	96.139	96.092	95.952	95.959	95.465	96.919	97.904	95.940	96.976	96.961	95.724	97.034	97.081	95.722
	16/12/2004	96.087	96.083	95.663	96.163	96.117	96.069	95.934	95.946	95.459	96.907	97.897	95.925	96.941	96.932	95.720	97.011	97.053	95.722
	17/12/2004	96.095	96.101	95.657	96.166	96.130	96.076	95.950	95.954	95.456	96.912	97.912	95.934	96.945	96.940	95.720	97.017	97.060	95.712
	18/12/2004	96.154	96.140	95.653	96.192	96.178	96.135	96.213	96.165	95.449	96.961	97.939	95.980	97.012	97.000	95.715	97.083	97.122	95.715
	20/12/2004	96.126	96.110	95.649	96.187	96.150	96.101	95.975	95.986	95.445	96.939	97.924	95.955	96.966	96.958	95.705	97.030	97.073	95.702
	21/12/2004	96.122	96.115	95.643	96.203	96.149	96.103	95.979	95.976	95.443	96.944	97.929	95.955	96.958	96.953	95.699	97.020	97.068	95.703
	22/12/2004	96.328	96.295	95.676	96.341	96.321	96.386	96.783	96.643	95.482	97.097	98.027	96.152	97.175	97.151	95.733	97.225	97.259	95.722
	27/12/2004	96.203	96.173	95.676	96.263	96.211	96.170	96.070	96.067	95.494	96.991	97.972	96.010	97.043	97.034	95.767	97.110	97.158	95.757
	28/12/2004	96.178	96.152	95.703	96.262	96.193	96.145	96.032	96.037	95.496	96.972	97.960	95.995	97.018	97.003	95.763	97.083	97.132	95.760
	29/12/2004	96.162	96.137	95.716	96.235	96.176	96.130	96.000	96.011	95.526	96.966	97.953	95.983	96.992	96.982	95.768	97.052	97.105	95.768
	2/1/2005	96.076	96.070	95.702	96.157	96.119	96.066	95.943	95.954	95.503	96.917	97.912	95.931	96.908	96.891	95.758	96.967	97.014	95.756
	5/1/2005	96.636	96.585	95.867	96.746	96.610	96.713	97.321	97.315	95.640	97.388	98.249	96.484	97.599	98.159	95.920	97.633		

Poço	Nome	PIR				P2R				P3R				PAR		PIC		P2C	
		4.5	7.5	13.5	4.47-b	7.66-b	4.5	4.5	7.5	13.5	4.4-b	7.494-b	4.9	4.5	7.6	13.8	4.5	7.5	
Data	9/2/2005	96.343	96.329	96.028	96.410	96.365	96.327	96.205	96.209	95.822	97.191	98.185	96.208	97.165	97.150	96.092	97.234	97.293	96.089
	10/2/2005	96.314	96.320	96.031	96.400	96.357	96.324	96.200	96.206	95.826	97.185	98.177	96.197	97.149	97.138	96.089	97.218	97.279	96.084
	11/2/2005	96.306	96.298	96.023	96.398	96.338	96.307	96.168	96.192	95.822	97.171	98.167	96.185	97.123	97.118	96.081	97.190	97.252	96.079
	16/2/2005	96.312	96.289	95.953	96.391	96.334	96.287	96.175	96.186	95.763	97.163	98.155	96.170	97.088	97.081	96.017	97.160	97.220	96.027
	27/2/2005	96.387	96.356	95.861	96.427	96.397	96.397	97.635	97.335	95.677	97.244	98.182	96.254	97.163	97.216	95.874	97.169	97.153	95.953
	2/3/2005	96.290	96.289	95.819	96.360	96.279	96.274	96.157	96.169	95.647	97.138	98.137	96.166	97.038	97.028	95.875	97.101	97.150	95.876
	3/3/2005	96.289	96.268	95.813	96.348	96.276	96.272	96.152	96.159	95.611	97.130	98.121	96.154	97.032	97.017	95.870	97.095	97.149	95.872
	4/3/2005	96.288	96.248	96.806	96.340	96.278	96.269	96.148	96.158	95.610	97.128	98.111	96.151	97.021	97.019	95.868	97.070	97.133	95.870
	5/3/2005	96.250	96.237	95.792	96.317	96.276	96.241	96.111	96.131	95.605	97.105	98.106	96.124	96.990	96.978	95.850	97.055	97.110	95.875
	6/3/2005	96.248	96.229	95.788	96.316	96.277	96.239	96.107	96.127	95.597	97.103	98.105	96.121	96.978	96.976	95.849	97.053	97.105	95.871
	8/3/2005	96.211	96.212	95.768	96.289	96.251	96.212	96.104	96.105	95.583	97.085	98.079	96.096	96.948	96.938	95.822	97.011	97.063	95.819
	9/3/2005	96.205	96.211	95.765	96.283	96.247	96.207	96.089	96.104	95.571	97.081	98.076	96.084	96.933	96.925	95.808	97.002	97.056	95.812
	10/3/2005	96.177	96.188	95.743	96.263	96.227	96.187	96.081	96.094	95.551	97.063	98.071	96.080	96.920	96.907	95.792	96.979	97.030	95.800
	11/3/2005	96.181	96.185	95.733	96.261	96.223	96.185	96.080	96.087	95.549	97.055	98.057	96.073	96.905	96.896	95.776	96.962	97.019	95.781
	13/3/2005	96.214	96.213	95.736	96.287	96.248	96.211	96.149	96.150	95.547	97.089	98.087	96.102	96.972	96.972	95.792	96.989	96.039	95.792
	14/3/2005	96.246	96.247	95.749	96.303	96.286	96.245	96.158	96.166	95.566	97.125	98.108	96.129	96.977	96.977	95.802	97.039	97.090	95.800
	16/3/2005	96.589	96.549	95.829	96.658	96.575	96.630	97.470	97.466	95.616	97.334	98.300	96.445	97.405	97.366	95.886	97.437	97.485	95.924
	17/3/2005	96.538	96.498	95.839	96.630	96.530	96.542	97.236	96.943	95.622	97.331	98.272	96.366	97.352	97.327	96.904	97.405	97.457	95.904
	21/3/2005	96.566	96.528	95.880	96.629	96.557	96.565	97.647	97.244	95.676	97.359	98.294	96.388	97.390	97.364	95.940	97.440	97.497	95.936
	22/3/2005	96.398	96.376	95.895	96.469	96.409	96.380	96.349	96.317	95.678	97.219	98.202	96.241	97.212	99.379	95.955	97.271	97.334	95.948
	24/3/2005	96.346	96.329	95.885	96.412	96.362	96.334	96.237	96.229	95.684	97.180	98.174	96.207	97.150	97.137	95.942	97.211	97.271	95.952
	25/3/2005	96.333	96.317	95.887	96.396	96.351	96.320	96.202	96.204	95.671	97.173	98.168	96.199	97.129	97.112	95.943	97.187	97.252	95.949
	26/3/2005	96.318	96.302	96.288	96.872	96.363	96.308	96.184	96.186	95.565	97.162	98.155	96.184	97.109	97.086	95.936	97.181	97.235	95.926
	27/3/2005	96.302	96.288	96.872	96.363	96.320	96.296	96.172	96.172	95.670	97.160	98.148	96.175	97.072	97.083	95.924	97.145	97.212	95.931
	28/3/2005	96.289	96.284	95.865	96.355	96.317	96.280	96.158	96.165	95.663	97.137	98.135	96.160	97.062	97.048	95.927	97.120	97.184	95.920
	30/3/2005	96.258	96.256	95.845	96.324	96.296	96.253	96.139	96.139	95.651	97.124	98.126	96.136	97.018	97.008	95.898	97.084	97.144	95.909
	31/3/2005	96.252	96.252	95.847	96.321	96.288	96.250	96.134	96.141	95.641	97.115	98.114	96.127	97.008	96.997	95.898	97.069	97.127	95.896
	1/4/2005	96.244	96.245	95.843	96.315	96.282	96.245	96.133	96.141	95.651	97.112	98.112	96.132	96.995	96.983	95.895	97.057	97.114	95.895
	2/4/2005	96.236	96.233	95.824	96.312	96.271	96.225	96.119	96.126	95.629	97.109	98.102	96.129	96.977	96.972	95.877	97.038	97.099	95.879
	3/4/2005	96.217	96.223	95.798	96.291	96.258	96.217	96.110	96.116	95.605	97.095	98.093	96.112	96.958	96.946	95.858	97.021	97.075	95.862
	4/4/2005	96.252	96.245	95.856	96.327	96.290	96.240	96.174	96.150	95.681	97.127	98.114	96.129	96.998	96.981	95.904	97.053	97.110	95.900
	7/4/2005	96.217	96.218	95.800	96.293	96.258	96.218	96.113	96.116	95.601	97.102	98.096	96.113	96.949	96.936	95.857	97.010	97.073	95.860
	8/4/2005	96.225	96.197	95.757	96.285	99.125	95.185	99.084	99.084	99.084	100.084	101.084	99.047	96.933	96.923	96.043	97.002	97.057	95.854
	9/4/2005	96.440	96.428	95.848	96.493	96.453	96.503	97.583	97.227	95.635	97.305	98.235	96.335	97.227	97.201	95.897	97.263	97.315	95.893
	10/4/2005	96.345	96.336	95.856	96.438	96.372	96.357	96.516	96.435	95.641	97.205	98.181	96.223	97.127	97.110	95.904	97.183	97.240	95.905
	11/4/2005	96.313	96.305	95.848	96.379	96.339	96.304	96.305	96.280	95.646	97.172	98.161	96.190	97.087	97.070	95.908	97.145	97.205	95.905
	13/4/2005	96.269	96.273	95.833	96.347	96.300	96.275	96.159	96.168	95.644	97.145	98.134	96.153	97.033	97.022	95.903	97.089	97.147	95.886
	15/4/2005	96.246	96.246	95.826	96.338	96.284	96.245	96.136	96.141	95.644	97.123	98.109	96.121	96.991	96.977	95.879	97.052	97.110	95.886
	16/4/2005	96.225	96.236	95.806	96.315	96.279	96.243	96.133	96.136	95.612	97.119	98.114	96.130	96.970	96.962	95.861	97.033	97.088	95.860
	17/4/2005	96.222	96.221	95.796	96.298	96.265	96.226	96.116	96.121	95.606	97.109	98.104	96.125	96.949	96.941	95.845	97.009	97.069	95.861
	18/4/2005	96.218	96.221	95.781	96.290	96.254	96.214	96.107	96.112	95.592	97.102	98.091	96.115	96.939	96.930	95.834	96.998	97.055	95.832
21/4/2005	96.199	96.200	95.740	96.265	96.229	96.189	96.089	96.092	95.548	97.074	98.071	99.061	96.901	96.888	95.796	96.965	97.010	95.791	
22/4/2005	96.191	96.190	95.731	96.261	96.226	96.183	96.090	96.090	95.547	97.074	98.074	98.071	96.084	96.868	95.785	96.953	97.005	95.786	

Anexo 6. Resultados do Monitoramento dos Poços – Vila Eutália

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Mensal

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

NA X Precipitação Diária

Poço	Nome	P1V			P2V			P3V			P4V			P5V			P6V			P7V			P8V			P9V			P10V		
		3	9	13	3	7,5	12	6	15	7,6	15	7,6	15	8,7	4	18	6	15	7,6	12	15	4,6	9	7,5	15						
Data	14/1/2004	98.282	98.011	94.161				seco	110.589	124.382	125.013	111.007	125.013	111.007	131.746	133.764	129.977	113.534	113.111		104.567	102.726									
	15/1/2004	98.286	97.995	94.091				seco	110.617	124.281	125.040	111.005	125.040	111.005	131.752	133.792	130.005	113.606	113.124		104.567	102.728									
	16/1/2004	98.430	98.047	94.111				seco	110.619	124.507	125.048	110.999	125.048	110.999	131.732	133.768	130.009	113.566	113.116		104.577	102.726									
	17/1/2004	98.320	98.045	94.093				seco	110.615	124.403	125.054	110.980	125.054	110.980	131.724	133.780	129.935	113.530	113.095		104.565	102.690									
	18/1/2004	98.320	98.041	94.101				seco	110.609	124.393	125.056	110.970	125.056	110.970	131.726	133.780	129.923	113.524	113.085		104.553	102.696									
	19/1/2004	98.288	98.033	94.097				seco	110.619	124.287	125.070	110.990	125.070	110.990	131.772	133.786	129.921	113.536	113.081		104.547	102.694									
	20/1/2004	98.308	98.043	94.121				seco	110.640	124.197	125.071	110.965	125.071	110.965	131.691	133.793	129.915	113.542	113.136		104.544	102.699									
	21/1/2004	98.320	98.087	94.141				seco	110.640	124.105	125.054	110.965	125.054	110.965	131.689	133.792	129.911	113.544	113.069		104.539	102.696									
	22/1/2004	98.366	98.127	94.201				seco	110.656	124.263	125.064	110.975	125.064	110.975	131.688	133.820	129.903	113.538	113.091		104.597	102.736									
	23/1/2004	98.374	98.147	94.254				seco	110.660	124.259	125.059	110.966	125.059	110.966	131.735	133.834	129.924	113.538	113.117		104.578	102.739									
	24/1/2004	98.462	98.175	94.265				seco	110.667	124.567	125.095	111.065	125.095	111.065	131.785	133.846	129.923	113.528	113.174		104.549	102.737									
	25/1/2004	98.438	98.185	94.265				seco	110.668	124.573	125.158	111.077	125.158	111.077	131.879	133.878	129.962	113.535	113.207		104.618	102.764									
	26/1/2004	98.426	98.197	94.279				seco	110.670	124.571	125.188	111.076	125.188	111.076	131.918	133.892	130.010	113.566	113.214		104.744	102.774									
	27/1/2004	98.487	98.250	94.301				seco	110.695	124.804	125.245	111.099	125.245	111.099	132.008	133.911	130.031	113.586	113.253		104.777	102.791									
	28/1/2004	98.500	98.262	94.313				seco	110.695	124.875	125.319	111.144	125.319	111.144	132.072	133.914	130.121	113.589	113.292		104.670	102.792									
	29/1/2004	98.457	98.238	94.312				seco	110.675	124.791	125.375	111.150	125.375	111.150	132.156	133.929	130.197	113.619	113.306		104.644	102.783									
	30/1/2004	98.435	98.213	94.328				seco	110.657	124.721	125.418	111.126	125.418	111.126	132.183	133.955	130.243	113.638	113.306		104.669	104.631	102.784								
	31/1/2004	98.512	98.229	94.391				seco	110.666	124.819	125.460	111.151	125.460	111.151	132.201	133.974	130.282	113.650	113.322		104.998	104.643	102.800								
	12/2/2004	98.494	98.288	94.406				seco		124.641	125.852						134.124	130.389													
	13/2/2004	98.472	98.281	94.472				seco	110.675	124.706	125.772	111.224	125.772	111.224	132.353	134.083	130.300	113.909	113.442		115.886	104.598	102.824								
	17/2/2004	98.448	98.262	94.508				seco	110.665	124.553	124.695	111.151	124.695	111.151	132.365	134.064	130.219	113.930	113.424		115.507	104.631	102.871								
	20/2/2004	98.548	98.327	94.562				seco	110.713	124.817	125.894	111.328	125.894	111.328	132.466	134.162	130.406	113.960	113.466		115.645	104.660	102.866								
	27/2/2004	98.474	98.301	94.545				seco	110.680	124.641	125.881	111.219	125.881	111.219	132.368	134.114	130.309	113.960	113.466		115.655	104.631	102.856								
	5/3/2004	98.461	98.293	94.620				seco	110.675	124.546	125.762	111.162	125.762	111.162	132.299	134.031	130.139	113.942	113.401		115.582	104.644	102.848								
	11/3/2004	98.527	98.350	94.598				seco	110.675	124.593	125.759	111.192	125.759	111.192	132.298	134.052	130.206	113.851	113.385		115.546	104.624	102.840								
	13/3/2004	98.448	98.260	94.597				seco	110.662	124.459	125.732	111.150	125.732	111.150	132.248	134.024	130.141	113.821	113.368		115.505	104.601	102.826								
	15/3/2004	98.448	98.258	94.605				seco	110.683	124.382	125.684	111.116	125.684	111.116	132.141	134.041	130.089	113.865	113.325		115.437	104.639	102.845								
	17/3/2004	98.406	98.235	94.570				seco	110.649	124.246	125.627	111.092	125.627	111.092	132.112	133.992	130.017	113.812	113.325		115.387	104.606	102.827								
	19/3/2004	98.368	98.205	94.564				seco	110.635	124.049	125.566	111.066	125.566	111.066	132.008	133.948	129.957	113.777	113.265		115.273	104.591	102.805								
	20/3/2004	98.363	98.187	94.571				seco	110.645	124.051	125.519	111.050	125.519	111.050	131.981	133.945	129.924	113.772	113.265		115.273	104.621	102.793								
	22/3/2004	98.383	98.176	94.547				seco	110.631	123.986	125.478	111.044	125.478	111.044	131.946	133.876	129.840	113.698	113.248		115.236	104.592	102.764								
	24/3/2004	98.359	98.154	94.542				seco	110.615	123.876	125.425	111.019	125.425	111.019	131.884	133.873	129.761	113.631	113.207		115.171	104.591	102.751								
	26/3/2004	98.356	98.103	94.565				seco	110.622	123.707	125.358	111.004	125.358	111.004	131.830	133.878	129.712	113.636	113.190		115.122	104.593	102.741								
	30/3/2004	98.332	98.082	94.584				seco	110.555	123.467	125.269	110.990	125.269	110.990	131.688	133.799	129.589	113.589	113.151		114.772	104.573	102.736								
	1/4/2004	98.312	98.060	94.577				seco	110.607	123.353	125.128	110.966	125.128	110.966	131.610	133.791	129.461	113.536	113.126		114.772	104.565	102.722								
	5/4/2004	98.320	98.063	94.559				seco	110.573	123.466	125.128	110.954	125.128	110.954	131.610	133.791	129.461	113.530	113.113		114.773	104.575	102.721								
	6/4/2004	98.373	98.064	94.567				seco	110.597	123.645	125.095	110.945	125.095	110.945	131.599	133.784	129.475	113.578	113.124		114.767	104.581	102.737								
	8/4/2004	98.329	98.074	94.569				seco	110.587	123.905	125.093	110.992	125.093	110.992	131.652	133.810	129.519	113.592	113.152		114.789	104.583	102.731								
	12/4/2004	98.312	98.073	94.534				seco	110.608	123.749	125.156	110.941	125.156	110.941	131.654	133.804	129.587	113.592	113.134		114.821	104.569	102.738								
	14/4/2004	98.306	98.063	94.525				seco	110.605	123.563	125.139	110.934	125.139	110.934	131.599	133.787	129.507	113.578	113.111		114.841	104.561	102.710								
	15/4/2004	98.306	98.063	94.525				seco	110.584	123.555	125.132	110.931	125.132	110.931	131.593	133.785	129.496	113.569	113.103		114.844	104.572	102.710								
16/4/2004	98.322	98.057	94.545				seco	110.620	123.645	125.123																					

Poço	Nome	P1V		P2V		P3V		P4V		P5V		P6V		P7V		P8V		P9V		P10V				
		3	9	13	3	7,5	12	6	15	7,6	15	8,7	4	18	6	15	7,6	12	15	4,6	9	7,5	15	
Data	17/6/2004	98.329	98.057	94.437	109.802	105.288	99.583	sec	110.606	123.411	125.215	110.957	sec	131.564	133.757	129.882	113.418	113.025	114.824	104.562	102.688	99.248		
	22/6/2004	98.308	98.011	94.393	109.768	105.311	99.567	sec				sec	sec	sec	sec	sec	113.019	112.985	114.713	104.531	102.657			
	23/6/2004							sec				sec	sec	sec	sec	sec	113.019	112.985	114.713	104.531	102.657			
	25/6/2004							sec				sec	sec	sec	sec	sec	113.019	112.985	114.713	104.531	102.657			
	28/6/2004	98.274	97.984	94.369	109.750	105.288	99.537	sec	110.557	122.796	125.055	110.929	sec	131.274	133.677	129.731	113.019	112.965	114.659	104.510	102.648	99.182	98.572	
	28/6/2004	98.252	97.947	94.335	109.746	105.286	99.510	sec	110.533	122.773	124.809	110.882	sec	131.204	133.677	129.674	113.019	112.965	114.591	104.510	102.648	99.166	98.434	
	27/7/2004	98.234	97.928	94.298	109.742	105.263	99.472	sec	110.497	122.658	124.820	110.864	sec	131.204	133.624	129.674	113.019	112.960	114.522	104.486	102.624	99.228	97.946	
	5/7/2004	98.234	97.928	94.298	109.742	105.263	99.472	sec	110.497	122.658	124.820	110.864	sec	131.204	133.624	129.674	113.019	112.960	114.522	104.486	102.624	99.228	97.946	
	8/7/2004	98.239	97.946	94.270	109.742	105.316	99.485	sec	110.542	122.566	124.782	110.846	sec	131.138	133.594	129.606	113.197	112.941	114.416	104.482	102.630	99.143	98.481	
	12/7/2004	97.954			109.760	105.218	99.441	sec	110.537	123.216	124.801	110.871	sec	131.188	133.565	129.536	113.240	112.911	114.404	104.549	102.628	99.186	98.514	
	14/7/2004	98.204	97.925	94.190	109.746	105.233	99.458	sec	110.524	123.153	124.833	110.860	sec	131.212	133.565	129.560	113.253	112.931	114.344	104.527	102.617	99.168	98.488	
	16/7/2004	98.234	97.907	94.179	109.746	105.221	99.445	sec	110.511	122.999	124.803	110.870	sec	131.184	133.577	129.570	113.265	112.918	114.298	104.508	102.608	99.156	98.463	
	20/7/2004	98.204	97.966	94.172	109.860	105.179	99.455	sec	110.585	123.875	125.029	110.929	sec	131.304	133.584	129.542	113.277	112.993	114.298	104.543	102.643	99.238	98.501	
	22/7/2004	98.209	98.018	94.162	109.803	105.171	99.484	sec	110.560	123.800	125.029	110.993	sec	131.498	133.631	129.585	113.292	113.027	114.282	104.579	102.649	99.270	98.534	
	24/7/2004	98.282	97.994	94.155	109.789	105.162	99.480	sec	110.551	123.867	125.135	110.977	sec	131.508	133.642	129.511	113.308	113.035	114.287	104.554	102.647	99.251	98.564	
	28/7/2004	98.246	97.959	94.154				sec					sec											
	30/7/2004							sec					sec											
	28/8/2004							sec					sec											
	6/8/2004	98.232	97.912	96.097	109.722	105.191	99.417	sec	110.560	124.066	125.151	110.914	sec	131.359	133.662	129.639	113.017	112.926	114.148	104.503	102.622	99.181	98.495	
	28/8/2004	98.232	97.912	96.097	109.722	105.191	99.417	sec	110.560	124.066	125.151	110.914	sec	131.359	133.662	129.639	113.017	112.926	114.148	104.503	102.622	99.181	98.495	
	9/8/2004	98.223	97.883	94.043	109.703	105.156	99.390	sec	110.529	122.421	124.798	110.819	sec	131.157	133.560	129.536	113.071	112.889	114.102	104.469	102.575	99.121	98.416	
	12/8/2004	98.217	97.877	94.046	109.703	105.147	99.386	sec	110.543	122.421	124.798	110.819	sec	131.157	133.560	129.536	113.071	112.889	114.102	104.469	102.575	99.121	98.416	
	16/8/2004	98.216	97.862	94.045	109.702	105.167	99.378	sec	110.521	122.438	124.678	110.797	sec	131.066	133.569	129.456	113.107	112.869	113.992	104.439	102.559	99.102	98.393	
	20/8/2004	98.200	97.842	94.001	109.684	105.174	99.356	sec	110.521	122.360	124.613	110.770	sec	130.949	133.547	129.403	113.151	112.841	113.945	104.432	102.524	99.074	98.362	
	23/8/2004	98.205	97.841	93.966	109.678	105.178	99.351	sec	110.539	122.340	124.575	110.765	sec	130.912	133.543	129.360	113.162	112.824	113.905	104.427	102.515	99.065	98.356	
	24/8/2004	98.195	97.838	93.954	109.673	105.164	99.336	sec	110.514	122.342	124.564	110.745	sec	130.921	133.515	129.331	113.171	112.819	113.895	104.417	102.517	99.046	98.353	
	25/8/2004	98.201	97.830	93.964	109.672	105.174	99.335	sec	110.554	122.369	124.559	110.740	sec	130.897	133.520	129.308	113.271	112.812	113.885	104.423	102.533	99.064	98.351	
	26/8/2004	98.195	97.839	93.958	109.671	105.161	99.333	sec	110.556	122.353	124.555	110.744	sec	130.885	133.511	129.293	113.227	112.790	113.834	104.414	102.512	99.054	98.348	
	27/8/2004	98.210	97.834	93.962	109.666	105.173	99.326	sec	110.566	122.350	124.553	110.748	sec	130.885	133.511	129.293	113.227	112.790	113.834	104.414	102.512	99.054	98.348	
	28/8/2004	98.211	97.836	93.980	109.667	105.171	99.278	sec	110.589	122.245	124.523	110.738	sec	130.899	133.498	129.143	113.283	112.788	113.851	104.408	102.519	99.078	98.327	
	30/8/2004	98.203	97.826	93.964	109.669	105.151	99.311	sec	110.546	122.226	124.493	110.728	sec	130.825	133.503	129.143	113.245	112.774	113.790	104.410	102.493	99.022	98.310	
	31/8/2004	98.185	97.810	93.954	109.650	105.123	99.297	sec	110.534	122.237	124.133	110.720	sec	130.798	133.507	129.172	113.259	112.774	113.848	104.403	102.514	99.004	98.309	
1/9/2004	98.181	97.810	93.956	109.653	105.109	99.283	sec	110.546	122.226	124.193	110.728	sec	130.825	133.503	129.143	113.245	112.774	113.790	104.410	102.493	99.022	98.310		
2/9/2004	98.190	97.806	93.965	109.661	105.118	99.291	sec	110.564	122.228	124.275	110.736	sec	130.825	133.503	129.143	113.245	112.774	113.790	104.410	102.493	99.022	98.310		
3/9/2004	98.192	97.811	93.974	109.667	105.130	99.281	sec	110.568	122.238	124.278	110.748	sec	130.825	133.503	129.143	113.245	112.774	113.790	104.410	102.493	99.022	98.310		
4/9/2004	98.191	97.796	93.960	109.661	105.107	99.278	sec	110.554	122.198	124.317	110.714	sec	130.767	133.553	129.144	113.239	112.734	113.762	104.407	102.489	99.023	98.288		
6/9/2004	98.193	97.807	93.958	109.665	105.137	99.317	sec	110.561	122.182	124.373	110.711	sec	130.737	133.558	129.158	113.239	112.760	113.732	104.401	102.513	99.007	98.304		
7/9/2004	98.187	97.816	93.954	109.664	105.156	99.331	sec	110.559	122.174	124.394	110.720	sec	130.753	133.569	129.155	113.244	112.765	113.725	104.398	102.525	99.005	98.307		
8/9/2004	98.181	97.798	93.958	109.656	105.135	99.324	sec	110.558	122.160	124.397	110.718	sec	130.745	133.566	129.154	113.243	112.763	113.723	104.401	102.511	99.992	98.280		
9/9/2004	98.190	97.789	93.958	109.667	105.132	99.317	sec	110.559	122.160	124.396	110.718	sec	130.725	133.556	129.144	113.236	112.757	113.706	104.397	102.499	99.989	98.280		
10/9/2004	98.183	97.791	93.951	109.645	105.113	99.315	sec	110.557	122.163	124.386	110.711	sec	130.707	133.554	129.144	113.232	112.740	113.713	104.379	102.505	99.976	98.275		
11/9/2004	98.184	97.790	93.951	109.6																				

Poço	Nome	P1V			P2V			P3V			P4V			P5V			P6V			P7V			P8V			P9V			P10V		
		3	9	13	3	7,5	12	6	15	7,6	15	8,7	4	18	6	15	7,6	12	15	4,6	9	7,5	15								
Data	11/10/2004	98,213	97,806	93,731	109,652	105,094	99,360	113,234	110,532	123,480	124,776	110,758	seco	130,609	133,598	129,367	113,210	112,754	113,620	104,448	102,500	98,927	98,205								
	13/10/2004	98,215	97,796	93,689	109,651	106,114	99,351	113,277	110,560	123,231	124,803	110,748	seco	130,791	133,600	129,366	113,211	112,754	113,611	104,438	102,511	98,939	98,205								
	14/10/2004	98,210	97,790	93,666	109,648	105,098	99,360	113,289	110,559	123,300	124,798	110,758	seco	130,797	133,600	129,368	113,211	112,785	113,628	104,452	102,516	98,930	98,210								
	15/10/2004	98,221	97,805	93,668	109,669	105,078	99,331	113,301	110,566	123,472	124,798	110,763	seco	130,816	133,575	129,352	113,211	112,785	113,640	104,562	102,512	98,904	98,201								
	16/10/2004	98,222	97,816	93,664	109,678	105,092	99,337	113,305	110,569	123,456	124,787	110,758	seco	130,805	133,575	129,346	113,170	112,785	113,622	104,582	102,547	98,953	98,190								
	17/10/2004	98,311	97,854	93,705	109,703	105,098	99,354	113,312	110,589	123,931	124,812	110,825	seco	130,912	133,843	129,406	113,214	112,924	113,623	104,626	102,566	99,103	98,232								
	18/10/2004	98,265	97,841	93,656	109,683	105,088	99,369	113,323	110,593	123,890	124,865	110,824	seco	130,967	133,634	129,419	113,223	112,924	113,630	104,571	102,572	99,027	98,232								
	19/10/2004	98,291	97,866	93,676	109,693	105,102	99,385	113,335	110,626	124,065	124,958	110,853	seco	131,047	133,676	129,444	113,226	113,004	113,620	104,597	102,588	99,019	98,277								
	20/10/2004	98,279	97,855	93,661	109,685	105,047	99,388	113,341	110,599	124,086	124,958	110,829	seco	131,082	133,635	129,472	113,225	112,850	113,620	104,556	102,556	99,039	98,287								
	21/10/2004	98,255	97,838	93,671	109,670	105,039	99,376	113,350	110,579	124,047	125,007	110,836	seco	131,112	133,634	129,476	113,223	112,839	113,640	104,541	102,552	99,024	98,267								
	22/10/2004	98,260	97,836	93,687	109,675	105,055	99,391	113,359	110,570	124,011	125,041	110,830	seco	131,117	133,663	129,496	113,231	112,833	113,634	104,532	102,552	99,024	98,277								
	23/10/2004	98,258	97,837	93,687	109,676	105,055	99,391	113,357	110,572	124,012	125,041	110,829	seco	131,126	133,720	129,545	113,241	112,839	113,634	104,532	102,552	99,024	98,277								
	24/10/2004	98,255	97,839	93,710	109,675	105,153	99,438	113,381	110,584	124,009	125,041	110,830	seco	131,115	133,722	129,515	113,247	112,889	113,636	104,532	102,582	99,059	98,307								
	25/10/2004	98,255	97,845	93,718	109,671	105,190	99,460	113,385	110,587	124,027	125,098	110,835	seco	131,115	133,780	129,596	113,279	112,939	113,643	104,542	102,602	99,056	98,313								
	26/10/2004	98,257	97,854	93,711	109,673	105,130	99,456	113,400	110,585	124,233	125,113	110,840	seco	131,132	133,740	129,593	113,263	112,890	113,689	104,542	102,593	99,014	98,298								
	27/10/2004	98,237	97,836	93,707	109,666	105,129	99,440	113,404	110,579	124,231	125,111	110,844	seco	131,133	133,739	129,593	113,263	112,890	113,699	104,542	102,586	99,018	98,289								
	28/10/2004	98,224	97,822	93,716	109,658	105,068	99,407	113,410	110,568	123,867	125,113	110,855	seco	131,065	133,671	129,547	113,269	112,848	113,736	104,517	102,561	99,997	98,273								
	29/10/2004	98,221	97,824	93,720	109,667	105,091	99,407	113,432	110,568	123,787	125,102	110,853	seco	131,065	133,691	129,533	113,269	112,848	113,732	104,513	102,556	99,997	98,273								
	30/10/2004	98,220	97,825	93,738	109,664	105,138	99,406	113,429	110,574	123,591	125,073	110,846	seco	131,017	133,691	129,520	113,267	112,845	113,728	104,507	102,551	99,996	98,272								
	31/10/2004	98,220	97,813	93,731	109,658	105,130	99,406	113,434	110,570	123,516	125,047	110,851	seco	131,017	133,691	129,532	113,379	112,845	113,736	104,506	102,555	99,990	98,271								
	1/11/2004	98,210	97,804	93,724	109,657	105,109	99,406	113,448	110,565	123,413	125,026	110,854	seco	130,972	133,688	129,535	113,330	112,848	113,745	104,507	102,553	99,986	98,265								
	2/11/2004	98,216	97,796	93,728	109,658	105,124	99,405	113,452	110,560	123,310	125,001	110,849	seco	130,963	133,691	129,534	113,329	112,850	113,722	104,503	102,543	99,990	98,267								
	3/11/2004	98,215	97,802	93,740	109,658	105,146	99,415	113,468	110,561	123,243	124,973	110,844	seco	130,943	133,707	129,541	113,332	112,869	113,722	104,503	102,546	99,986	98,265								
	4/11/2004	98,230	97,815	93,776	109,685	105,161	99,418	113,468	110,577	123,487	127,348	110,860	seco	130,959	133,740	129,556	113,350	112,860	113,735	104,507	102,572	99,990	98,271								
	5/11/2004	98,233	97,816	93,783	109,676	105,165	99,390	113,480	110,576	123,571	124,933	110,854	seco	130,983	133,724	129,566	113,352	112,891	113,746	104,560	102,572	99,990	98,287								
	6/11/2004	98,224	97,801	93,799	109,661	105,134	99,383	113,242	110,561	123,572	124,888	110,846	seco	130,967	133,680	129,544	113,332	112,881	113,740	104,540	102,564	99,008	98,287								
	7/11/2004	98,229	97,807	93,821	109,661	105,125	99,374	113,265	110,567	123,488	124,867	110,829	seco	130,973	133,669	129,534	113,325	112,881	113,743	104,528	102,557	99,990	98,266								
	8/11/2004	98,237	97,794	93,831	109,649	105,076	99,366	113,272	110,574	123,451	124,887	110,808	seco	130,976	133,658	129,459	113,316	112,858	113,745	104,535	102,545	99,989	98,268								
	9/11/2004	98,237	97,805	93,861	109,649	105,104	99,377	113,272	110,572	123,451	124,887	110,820	seco	130,973	133,748	129,455	113,313	112,858	113,739	104,514	102,543	99,989	98,269								
	10/11/2004	98,233	97,806	93,861	109,661	105,175	99,406	113,285	110,608	123,232	124,925	110,875	seco	130,917	133,758	129,452	113,357	112,886	113,742	104,531	102,570	99,025	98,292								
	11/11/2004	98,228	97,819	93,865	109,651	105,192	99,436	113,294	110,623	123,139	124,913	110,879	seco	130,910	133,744	129,574	113,357	112,892	113,729	104,516	102,579	99,010	98,307								
	12/11/2004	98,225	97,824	93,866	109,668	105,205	99,446	113,304	110,584	123,228	124,904	110,876	seco	130,957	133,771	129,615	113,406	112,912	113,780	104,586	102,596	99,022	98,312								
	13/11/2004	98,219	97,810	93,875	109,663	105,140	99,424	113,339	110,561	123,235	124,897	110,884	seco	131,006	133,669	129,563	113,391	112,897	113,793	104,561	102,540	99,013	98,300								
	14/11/2004	98,205	97,771	93,871	109,656	105,098	99,390	113,310	110,557	123,246	124,879	110,892	seco	131,017	133,680	129,543	113,301	112,869	113,827	104,506	102,533	99,972	98,287								
	15/11/2004	98,224	97,801	93,798	109,661	105,134	99,383	113,242	110,561	124,572	124,858	110,881	seco	130,967	133,690	129,544	113,332	112,881	113,740	104,540	102,564	99,008	98,287								
	16/11/2004	98,225	97,824	93,886	109,668	105,205	99,446	113,304	110,584	123,292	124,904	110,883	seco	130,957	133,771	129,615	113,406	112,912	113,780	104,586	102,592	99,022	98,312								
	17/11/2004	98,273	97,835	93,889	109,680	105,205	99,446	113,363	110,590	123,688	124,890	110,879	seco	131,021	133,839	129,653	113,299	113,043	113,839	104,611	102,605	99,087	98,330								
	18/11/2004	98,295	97,880	93,883	109,705	105,187	99,456	113,354	110,577	124,210	125,108	110,955	seco	131,327	133,813	129,684	113,391	113,008	113,853	104,612	102,629	99,134	98,386								
	19/11/2004	98,285	97,877	93,859	109,701	105,163	99,466	113,354	110,578	124,188	125,162	110,954	seco																		

Poço	Nome	P1V			P2V			P3V			P4V			P5V			P6V			P7V			P8V			P9V			P10V		
		3	9	13	3	7,5	12	6	15	7,6	15	8,7	4	18	6	15	7,6	12	15	4,6	9	7,5	15								
Data	15/12/2004	98.320	97.985	93.799	109.797	105.208	99.526	113.333	110.583	124.479	125.647	111.045	136.500	131.773	133.950	130.013	113.582	113.203	114.365	104.591	102.675	99.216	98.545								
	16/12/2004	98.333	97.965	93.737	109.793	105.242	99.450	113.375	110.578	124.332	125.561	111.055	136.261	131.632	133.963	130.020	113.591	113.145	114.415	104.596	102.666	99.186	98.510								
	17/12/2004	98.352	97.966	93.731	109.788	105.245	99.530	113.105	110.590	124.254	125.511	111.045	136.287	131.602	133.941	130.008	113.606	113.142	114.425	104.622	102.683	99.163	98.498								
	19/12/2004	98.335	97.938	93.711	109.789	105.247	99.562	113.161	110.587	124.097	125.511	111.025	136.302	131.566	133.931	130.008	113.579	113.130	114.420	104.592	102.673	99.156	98.462								
	20/12/2004	98.348	97.926	93.695	109.809	105.300	99.571	113.172	110.584	123.931	125.498	111.034	136.310	131.549	133.960	130.010	113.586	113.113	114.395	104.607	102.681	99.169	98.467								
	21/12/2004	98.380	97.983	93.730	109.818	105.264	99.545	113.223	110.610	124.357		111.084	136.537	131.589	133.949	130.004	113.557	113.167	114.379	104.639	102.703	99.229	98.493								
	22/12/2004	98.377	97.901	93.672	109.844	105.231	99.544	113.190	110.584	123.772		110.998	136.324	131.479	133.885	129.959	113.567	113.090	114.409	104.589	102.648	99.127	98.442								
	24/12/2004	98.372	97.984	93.704	109.818	105.297	99.567	113.210	110.595	124.275	125.559	111.090	136.426	131.507	133.967	129.998	113.557	113.248	114.370	104.646	102.714	99.349	98.487								
	25/12/2004	98.372	97.975	93.704	109.802	105.272	99.564	113.199	110.590	124.267	125.529	111.065	136.398	131.507	133.988	129.996	113.557	113.198	114.359	104.621	102.685	99.305	98.472								
	26/12/2004	98.376	97.975	93.709	109.849	105.268	99.556	113.234	110.596	124.275	125.528	111.094	136.426	131.531	133.904	130.003	113.560	113.187	114.375	104.626	102.696	99.279	98.490								
	27/12/2004	98.380	97.983	93.730	109.818	105.264	99.545	113.223	110.610	124.357	125.528	111.084	136.541	131.599	133.931	130.004	113.564	113.167	114.379	104.639	102.703	99.229	98.493								
	28/12/2004	98.335	97.956	93.740	109.792	105.245	99.568	113.240	110.598	124.332	125.508	111.084	136.570	131.653	133.953	130.003	113.566	113.168	114.380	104.610	102.682	99.213	98.507								
	29/12/2004	98.350	97.938	93.744	109.797	105.253	99.561	113.242	110.597	124.312	125.508	111.054	136.533	131.653	133.952	129.998	113.515	113.158	114.377	104.608	102.676	99.187	98.489								
	30/12/2004	98.348	97.935	93.742	109.795	105.253	99.550	113.249	110.583	124.301	125.492	111.023	136.530	131.652	133.945	129.997	113.504	113.157	114.376	104.612	102.670	99.179	98.476								
	31/12/2004	98.348	97.937	93.743	109.793	105.260	99.547	113.246	110.585	124.292	125.391	111.024	136.535	131.653	133.941	129.989	113.504	113.152	114.378	104.615	102.670	99.178	98.471								
	1/1/2005	98.138	97.930	93.751	109.788	105.261	99.560	113.249	110.584	124.317	125.758	111.015	136.561	131.626	133.935	129.987	113.514	113.117	114.378	104.600	102.671	99.171	98.463								
	3/1/2005	98.319	97.895	93.771	109.771	105.260	99.546	113.268	110.583	124.332	125.623	111.005	136.565	131.599	133.915	129.988	113.546	113.093	114.368	104.597	102.660	99.138	98.436								
	4/1/2005	98.319	97.912	93.789	109.776	105.328	99.560	113.268	110.604	124.345	125.623	111.029	136.565	131.599	133.945	130.019	113.546	113.093	114.370	104.612	102.704	99.144	98.461								
	5/1/2005	98.328	97.931	93.816	109.783	105.312	99.586	113.273	110.622	124.322	125.613	111.054	136.581	131.570	133.964	130.030	113.595	113.285	114.367	104.634	102.716	99.248	98.519								
	6/1/2005	98.363	97.951	93.841	109.806	105.287	99.570	113.285	110.664	124.320	125.597	111.108	136.595	131.565	133.979	130.043	113.576	113.367	114.364	104.642	102.714	99.275	98.480								
	7/1/2005	98.335	97.943	93.833	109.791	105.279	99.565	113.280	110.642	124.319	125.648	111.106	136.588	131.555	133.964	130.036	113.571	113.364	114.361	104.637	102.687	99.267	98.464								
	8/1/2005	98.333	97.941	93.815	109.789	105.240	99.524	113.223	110.634	124.315	125.614	111.080	136.590	131.538	133.945	130.030	113.504	113.355	114.359	104.622	102.686	99.255	98.460								
	9/1/2005	98.331	97.936	93.811	109.788	105.231	99.524	113.220	110.633	124.316	125.609	111.076	136.588	132.167	133.945	130.010	113.501	113.486	114.358	104.622	102.719	99.254	98.453								
	13/1/2005	98.567	98.183	93.912	110.063	105.318	99.613	113.320	110.628	124.895	125.626	111.323	136.701	131.842	134.190	130.140	113.642	113.312	114.505	104.775	102.772	99.982	98.847								
	14/1/2005	98.563	98.176	93.911	109.962	105.257	99.584	113.320	110.603	124.888	125.608	111.260	136.691	131.771	134.108	130.137	113.621	113.310	114.485	104.762	102.774	99.977	98.845								
	15/1/2005	98.558	98.166	93.846	109.956	105.233	99.571	113.292	110.594	124.886	125.593	111.250	136.674	131.767	134.097	130.045	113.605	113.284	114.460	104.745	102.764	99.929	98.857								
16/1/2005	98.551	98.126	93.849	109.943	105.223	99.560	113.283	110.584	124.879	125.592	111.173	136.663	131.763	134.095	130.030	113.599	113.274	114.450	104.735	102.761	99.929	98.846									
23/1/2005	98.525	98.165	93.841	109.988	105.321	99.691	113.425	110.637	124.978	125.548	111.158	136.847	132.085	134.115	130.245	113.689	113.347	114.785	104.741	102.786	99.972	98.873									
24/1/2005	98.525	98.165	93.821	109.969	105.409	99.735	113.394	110.714	124.545	125.933	111.150	136.844	132.085	134.115	130.302	113.729	113.524	114.865	104.740	102.811	99.949	98.742									
28/1/2005	98.595	98.228	93.806	110.033	105.319	99.689	113.410	110.639	124.536	125.648	111.290	136.885	132.274	134.114	130.308	113.053	113.368	114.948	104.757	102.801	99.999	99.111									
30/1/2005	98.528	98.172	93.806	110.013	105.382	99.766	113.216	110.652	124.561		111.240	136.711	132.274	134.150	130.313	113.786	113.394	115.036	104.742	102.816	99.968	98.847									
9/2/2005	98.421	98.058	93.721	109.967	105.394	99.711	113.280	110.657	123.982	125.792	111.090	136.742	131.979	134.010	130.225	113.727	113.248	114.941	104.678	102.761	99.977	98.867									
22/2/2005	98.343	97.943	93.707	109.861	105.391	99.642	113.352	110.634	123.402		111.080	136.749	131.807	133.855	130.015	113.595	113.114	113.785	104.657	102.733	99.972	98.867									
23/2/2005	98.337	97.934	93.686	109.842	105.397	99.641	113.361	110.618	123.251		111.024	136.732	131.707	133.826	129.980	113.523	113.026	113.610	104.648	102.725	99.145	98.546									
24/2/2005	98.347	97.922	93.676	109.834	105.373	99.561	113.366	110.619	123.216		111.020	136.725	131.688	133.785	129.955	113.523	113.026	113.610	104.643	102.699	99.132	98.522									
25/2/2005	98.351	97.920	93.682	109.838	105.371	99.566	113.364	110.613	123.275		111.007	136.714	131.612	133.789	129.959	113.535	113.068	113.586	104.638	102.585	99.139	98.519									
26/2/2005	98.355	97.920	93.701	109.837	105.374	99.581	113.314	110.613	123.274		110.973	136.681	131.622	133.769	129.900	113.531	113.064	113.587	104.665	102.641	99.164	98.522									
28/2/2005	98.371	97.956	93.709	109.823	105.385	99.623	113.225	110.634	123.719	125.333	110.927	136.685	131.637	133.695	129.840	113.526	113.011	113.585	104.672	102.741	99.179	98.524									
1/3/2005	98.369	97.953	93.706	109.813	105.372	99.624	113.231	110.631																							

Poço	Nome	P1V			P2V			P3V			PAV			P5V			P6V			P7V			P8V			P9V			P10V		
		3	9	13	3	7,5	12	6	15	7,6	15	8,7	4	18	6	15	7,6	12	15	4,6	9	7,5	15								
Data	28/3/2005	98.434	98.071	93.641	109.968	105.389	99.703	113.265	110.614	124.451	125.923	111.203	136.690	132.126	133.963	130.090	113.567	113.394	115.180	104.718	102.796	99.404	98.702								
	29/3/2005	98.411	98.051	93.632	109.958	105.383	99.707	113.274	110.604	124.354	125.918	111.143	136.695	132.083	133.975	130.109	113.543	113.362	115.205	104.712	102.801	99.354	98.710								
	30/3/2005	98.393	98.031	93.641	109.938	105.381	99.705	113.280	110.623	124.327	125.893	111.135	136.707	132.065	133.978	130.125	113.551	113.342	115.220	104.722	102.803	99.340	98.710								
	31/3/2005	98.393	98.028	93.636	109.948	105.376	99.701	113.273	110.612	124.322	125.883	111.129	136.706	132.077	133.975	130.115	113.561	113.341	115.218	104.722	102.790	99.343	98.709								
	1/4/2005	98.391	98.020	93.631	109.938	105.359	99.701	113.277	110.604	124.320	125.883	111.130	136.705	132.063	133.972	130.110	113.669	113.340	115.193	104.712	102.801	99.339	98.707								
	2/4/2005	98.391	98.016	93.615	109.938	105.359	99.691	113.274	110.599	124.312	125.875	111.110	136.705	132.067	133.965	130.106	113.621	113.334	115.209	104.712	102.797	99.334	98.697								
	3/4/2005	98.391	98.015	93.616	109.918	105.359	99.689	113.270	110.596	124.310	125.874	111.110	136.711	132.063	133.955	130.120	113.634	113.324	115.218	104.717	102.795	99.326	98.696								
	4/4/2005	98.386	98.026	93.615	109.938	105.387	99.694	113.275	110.599	124.302	125.874	111.107	136.722	132.055	133.951	130.084	113.691	113.314	115.234	104.713	102.795	99.325	98.687								
	5/4/2005	98.386	98.025	93.636	109.948	105.392	99.681	113.196	110.599	124.280	125.883	111.116	136.744	132.057	133.950	130.114	113.695	113.304	115.235	104.717	102.796	99.324	98.702								
	6/4/2005	98.385	98.031	93.656	109.928	105.394	99.671	113.331	110.597	124.192	125.873	111.106	136.761	132.052	133.946	130.130	113.711	113.300	115.242	104.722	102.792	99.321	98.682								
	7/4/2005	98.355	97.971	93.655	109.908	105.393	99.651	113.327	110.579	124.150	125.873	111.100	136.691	131.936	133.895	130.074	113.601	113.328	115.240	104.718	102.761	99.254	98.667								
	8/4/2005	98.352	97.946	93.654	109.908	105.399	99.641	113.320	110.566	124.080	125.897	111.099	136.671	131.927	133.885	130.066	113.599	113.234	115.226	104.712	102.761	99.254	98.646								
	9/4/2005	98.345	97.961	93.666	109.883	105.406	99.621	113.280	110.563	124.077	125.892	111.076	136.661	131.917	133.882	130.068	113.579	113.230	115.244	104.712	102.756	99.247	98.644								
	10/4/2005	98.345	97.965	93.656	109.880	105.409	99.643	113.346	110.564	124.037	125.866	111.070	136.661	131.913	133.871	130.068	113.579	113.223	115.190	104.707	102.754	99.234	98.637								
	11/4/2005	98.365	97.987	93.566	109.873	105.413	99.656	113.369	110.589	123.932	125.893	111.025	136.651	131.907	133.870	130.066	113.578	113.206	115.140	104.706	102.749	99.229	98.617								
	12/4/2005	98.350	97.981	93.531	109.871	105.394	99.656	113.370	110.588	123.781	125.853	111.010	136.641	131.857	133.835	130.060	113.531	113.194	115.120	104.688	102.741	99.220	98.613								
	13/4/2005	98.332	97.922	93.483	109.862	105.379	99.627	113.384	110.576	123.705	125.823	110.986	136.630	131.766	133.835	130.008	113.505	113.149	114.994	104.689	102.736	99.180	98.557								
	14/4/2005	98.323	97.920	93.482	109.853	105.384	99.627	113.377	110.574	123.521	125.477	110.980	136.621	131.766	133.833	130.038	113.501	113.142	114.990	104.690	102.748	99.174	98.545								
	15/4/2005	98.320	97.909	93.482	109.852	105.389	99.626	113.402	110.571	123.398	125.453	110.976	136.601	131.746	133.833	130.030	113.499	113.143	114.980	104.682	102.745	99.172	98.544								
	16/4/2005	98.315	97.906	93.511	109.843	105.394	99.621	113.400	110.573	123.242	125.413	110.974	136.591	131.727	133.825	130.020	113.616	113.126	114.944	104.672	102.753	99.169	98.537								
	17/4/2005	98.320	97.896	93.635	109.838	105.399	99.601	113.416	110.574	123.102	125.411	110.953	136.681	131.657	133.808	129.975	113.586	113.094	114.930	104.677	102.751	99.169	98.531								
	18/4/2005	98.321	97.885	93.581	109.836	105.414	99.581	113.423	110.570	123.071	125.413	110.939	136.706	131.607	133.735	129.888	113.578	113.079	114.890	104.694	102.754	99.164	98.505								
	19/4/2005	98.305	97.885	93.576	109.833	105.398	99.581	113.422	110.570	123.092	125.411	110.933	136.691	131.597	133.717	129.880	113.575	113.074	114.854	104.682	102.749	99.164	98.508								
	20/4/2005	98.295	97.876	93.612	109.813	105.391	99.577	113.432	110.562	123.092	125.350	110.933	136.661	131.579	133.695	129.860	113.551	113.063	114.823	104.668	102.741	99.160	98.476								
	21/4/2005	98.295	97.874	93.592	109.803	105.389	99.567	113.438	110.562	123.159	125.323	110.931	136.660	131.557	133.685	129.849	113.561	113.060	114.818	104.669	102.739	99.144	98.467								
	22/4/2005	98.293	97.876	93.635	109.803	105.387	99.561	113.436	110.565	123.162	125.313	110.932	136.661	131.547	133.655	129.840	113.555	113.059	114.850	104.668	102.729	99.129	98.464								
	23/4/2005	98.290	97.856	93.666	109.793	105.385	99.553	113.427	110.567	123.147	125.303	110.928	136.659	131.462	133.670	129.790	113.533	113.052	114.790	104.665	102.731	99.117	98.461								
	25/4/2005	98.290	97.868	93.671	109.789	105.395	99.553	113.458	112.564	123.107	125.268	110.905	136.647	131.440	133.660	129.760	113.526	113.034	114.742	104.662	102.733	99.100	98.447								
	26/4/2005	98.291	97.848	93.651	109.783	105.359	99.541	113.468	110.557	123.194	125.259	110.896	136.636	131.419	133.610	129.732	113.507	113.014	114.723	104.697	102.716	99.089	98.437								
	28/4/2005	98.311	97.865	93.669	109.789	105.353	99.506	113.222	110.577	123.337	125.159	110.910	136.428	131.402	133.600	129.404	113.501	113.024	114.555	104.697	102.724	99.287	98.420								
	29/4/2005	98.328	97.906	93.770	109.883	105.444	99.521	113.250	110.602	123.422	125.276	110.930	136.443	131.505	133.687	129.494	113.564	113.037	114.570	104.722	102.729	99.294	98.430								
	30/4/2005	98.375	97.916	93.796	109.883	105.459	99.581	113.273	110.612	123.452	125.333	110.930	136.482	131.546	133.706	129.539	113.566	113.064	114.570	104.733	102.741	99.307	98.432								

Anexo 7. Química da água de chuva – USP

N. Campo	Data	F	Cl	NO ₃ ⁻	Br	NO ₃ ⁻	HPO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄	pH	Eh	CE	T (°C)	HCO ₃	CO ₃ ²⁻	
CH-10a	Ac 13/10								0,072	<0,006	0,198	<0,002	0,001	0,137	<0,5	<0,1	<0,01	0,070	<0,001	0,037	<0,2								
Z01	rev03	<0,016	0,36	0,04	<0,005	0,97	0,03	1,14																					
Z02	gez03	<0,016	0,27	<0,005	0,01	1,30	<0,010	1,07																					
Z03	jan04	<0,016	0,24	0,05	<0,005	0,78	<0,010	1,02																					
Z04	fev04	<0,016	0,19	0,02	0,01	0,95	<0,012	0,93																					
Z05	mar04	<0,016	0,30	0,06	<0,005	1,14	0,01	1,23																					
Z06	abr04	0,03	0,21	0,02	0,01	1,07	0,02	1,14																					
Z07	mai04	0,06	0,32	0,01	0,01	0,90	0,02	1,42																					
Z08	jun04	<0,5	<0,5	<0,5	<0,005	0,77	0,03	1,13																					
Z09	jun04	0,02	0,20	0,05	<0,005	0,77	0,03	1,13																					
Z011	set04	0,10	0,95	0,09	0,01	3,16	1,23	5,19																					
Z012	out04	<0,5	<0,5			0,99		0,99																					
Guava/USP	jan-05								0,009	<0,006	0,248	<0,002	<0,001	0,003	<0,5	0,062	<0,01	0,101	<0,001	<0,006	0,008	0,3	6		1	24,7	7,54	1,19E-04	
Guava/USP	mar-05	0,65	0,22	0,02	<0,005	1,13	0,02	1,16	0,006	<0,006	0,652	<0,002	<0,001	0,002	<0,5	0,100	0,005	0,157	<0,001	<0,006	0,018	0,6	6	460	10	23,6	3,16	5,17E-05	
Guava/USP	mar-05	0,64	0,16	0,02	0,00	1,26	0,03	1,39	0,018	0,006	0,445	<0,002	<0,001	0,013	<0,5	<0,1	<0,01	0,109	<0,001	<0,006	0,016	0,7	5	441	11	23,3	2,05	2,17E-05	
Guava/USP	mar-05	0,06	0,37	0,02	0,00	1,59	0,02	1,83	0,019	0,006	0,662	<0,002	<0,001	0,010	<0,5	<0,1	0,005	0,208	<0,001	<0,006	0,021	0,7	5	440	14	22,4	1,91	1,48E-05	
ZO-16	mar-05								0,012	<0,006	0,618	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	0,099	<0,01	0,143	<0,001	<0,006	0,012								
ZO-17	abr-05								0,007	0,005	0,406	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	<0,1	<0,01	0,093	<0,001	<0,006	0,010								
ZO-17/USP	abr-05								0,010	0,006	0,649	<0,002	0,001	<0,002	<0,5	0,100	0,005	0,157	<0,001	<0,006	0,021	0,7	6	460	14	24,7	7,54	1,19E-04	
ZO-18/USP	mai-05								0,019	0,006	0,662	0,000	0,001	0,013	0,000	0,100	0,005	0,208	0,000	0,000	0,021	0,7	6	440	1	22,4	1,91	1,48E-05	
	maximo	0,10	0,95	0,09	0,01	3,16	1,23	5,19	0,019	0,006	0,662	0,000	0,001	0,002	0,000	0,062	0,005	0,101	0,000	0,000	0,015	0,6	5	447	9	23,5	3,66	5,39E-05	
	minimo	0,02	0,16	0,01	0,00	0,77	0,01	0,93	0,006	0,005	0,248	0,000	0,001	0,007		0,081	0,005	0,144			0,015	0,6	5						
	media	0,05	0,32	0,03	0,01	1,25	0,14	1,48	0,013	0,006	0,502		0,001	0,007															

Anexo 8. Química da água de abastecimento – SABESP – USP

Nome	F	Cl	NO ₃ ⁻	Br	NO ₂ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄ ⁺	pH	Eh	CE	T (°C)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
13/10/2004	0,64	3,64	0,05	0,01	0,67	0,02	4,53	0,017	0,020	5,162	<0,002	<0,001	0,026	2,013	0,841	<0,01	2,426	<0,001	0,047	<0,01	<0,2	6,4	938	58	24,7	12,07	0,00
02/12/2004	0,72	4,08	<0,005	<0,005	0,67	0,02	5,39	0,027	0,021	4,830	<0,002	<0,001	0,017	1,998	0,815	<0,01	2,460	<0,001	0,007	0,038	0	7,6	665	59	25,4	12,53	0,03
01/02/2005	0,69	4,02	0,01	0,01	0,74	0,02	6,11	0,035	0,021	6,358	<0,002	<0,001	0,019	2,075	0,995	<0,01	2,441	<0,001	0,054	<0,01	<0,2	7,4	884	15	26,6	17,06	0,02
30/03/2005	0,71	3,90	0,02	0,02	0,69	0,04	5,57	0,056	0,017	6,345	<0,002	<0,001	0,009	2,051	0,933	<0,01	2,292	<0,001	0,052	<0,01	<0,2	6,6	884	17	26,5	17,48	0,00
02/05/2005	0,64	4,02	0,02	0,00	0,50	0,03	4,71	0,043	0,021	6,604	<0,002	<0,001	<0,002	1,989	0,822	<0,01	2,279	<0,001	0,054	<0,01	<0,2	7,5	594	89	23,9	20,73	0,03
máximo	0,72	4,08	0,05	0,02	0,74	0,04	6,11	0,056	0,021	6,604	<0,002	<0,001	0,026	2,075	0,995	<0,01	2,460	<0,001	0,054	0,038	0	7,6	938	89	26,5	20,73	0,03
mínimo	0,64	3,64	0,01	0,00	0,50	0,02	4,53	0,017	0,017	4,830	<0,002	<0,001	0,009	1,989	0,815	<0,01	2,279	<0,001	0,007	0,038	0	6,4	594	15	23,9	12,07	0,00
médio	0,68	3,93	0,02	0,01	0,65	0,02	5,26	0,036	0,020	5,860	<0,002	<0,001	0,018	2,025	0,881	<0,01	2,390	<0,001	0,043	0,038	0	7,1	770	48	25,2	16,05	0,02

Anexo 9. Química da água de esgoto – USP

Resultados das amostras de esgoto da ETE Barueri (dados cedidos pela SABESP)

Data	NTK (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
jul/04	57	40	49	0	0	89
ago/04	66	51	62	0	0	76
set/04	70	48	59	0	0	92
out/04	53	42	51	0	0	64
nov/04	49	37	45	0	0	72
dez/04	52	39	48	0	0	70
jan/05	52	39	47	0	0	76
fev/05	66	51	63	0	0	67
mar/05	71	45	54	0	0	60
abr/05	82	57	70	0	0	68
mai/05	69	50	60	0	0	68
jun/05	63	46	56	0	0	48
Máximo	82	57	70	0	0	92
Mínimo	49	37	45	0	0	48
Média	62	46	55	0	0	71

Anexo 10. Química da água de chuva – Vila Eutália

N. Campo	Data	F	Cl	NO ₃ ⁻	Br	NO ₃ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄ ⁺	pH	Eh	CE	T (°C)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
ZL1	nov/03	0,06	0,80	0,05	0,01	1,88	0,01	2,48																				
ZL2	dez/03	0,04	0,84	0,57	<0,005	1,76	0,79	2,74																				
ZL3	jan/04	0,02	0,42	0,04	<0,005	1,19	0,02	1,58																				
ZL4	fev/04	0,03	0,38	<0,005	<0,005	1,95	0,01	1,70																				
ZL5	mar/04	0,04	0,36	0,04	<0,005	1,62	<0,010	1,94																				
ZL6	abr/04	0,03	0,43	0,03	0,01	1,95	0,08	3,28																				
ZL7	mai/04	0,08	0,62	0,01	0,01	1,95	0,08	3,28																				
ZL8	jun/04	0,07	0,88	<0,005	<0,005	1,46	0,02	3,01																				
ZL9	jul/04	0,05	0,44	0,01	0,01	0,95	0,01	1,67																				
ZL10	ago/04	0,23	3,50	0,19	0,02	7,73	0,03	8,94																				
ZL11	set/04	0,23	3,50	0,19	0,02	7,73	0,03	8,94																				
ZL12	out/04	<0,5	1,20					3,20																				
Chuva -VE	mar-05								0,011	<0,006	0,658	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	0,089	<0,01	0,092	0,001	<0,006	0,016							
Chuva -VE	jan-05								0,009	<0,006	0,446	<0,002	<0,001	0,003	<0,5	0,082	<0,01	0,084	<0,001	<0,006	0,015							
Chuva -VE	fev-05								0,011	0,014	1,683	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	0,141	0,006	<0,5	<0,001	<0,006	0,037							
Ac. 03/10									0,152	<0,006	0,147	<0,002	0,005	0,217	<0,5	<0,1	<0,01	<0,1	<0,001	0,025	<0,2							
CV-10a									0,573	0,010	0,726	<0,002	0,010	0,809	<0,5	0,234	0,019	<0,1	0,001	0,082	<0,2							
Ac. 13/10									0,072	<0,006	0,618	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	0,089	<0,01	0,143	<0,001	<0,006	0,012							
mar-05									0,007	0,005	0,406	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	<0,1	<0,01	0,093	<0,001	<0,006	0,010	0,600	6,58	347	223	22,8	3,691531	6,92E-04
ZC-17JUSP	abr-05								0,010	0,006	0,649	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	<0,1	<0,01	0,198	<0,001	<0,006	0,021							
ZC-18JUSP	maio-05								0,007	0,006	0,649	<0,002	<0,001	<0,002	<0,5	<0,1	<0,01	0,198	<0,001	<0,006	0,021							
Chuva PSL	mar-04								0,025	0,013	1,574	<0,002	0,006	0,042	<0,5	0,268	0,016	0,393	0,002	0,007	0,073							
Chuva PSL	jun-04								0,062	0,013	1,574	<0,002	0,006	0,042	<0,5	0,268	0,016	0,393	0,002	0,007	0,073							
Chuva PSL	mar-05								0,017	<0,006	0,331	<0,002	<0,001	0,033	<0,5	0,078	<0,01	0,099	<0,001	<0,006	0,018							
Chuva PSL	mar-05	0,13	1,34	0,02	0,00	1,72	0,03	3,16	0,067	0,013	1,421	<0,002	0,005	0,021	<0,5	0,222	0,020	0,829	<0,001	0,007	0,065	0,200	5,45	455	22	23,8	2,461889	3,42E-05
máximo		0,23	3,50	0,57	0,02	7,73	0,79	8,94	0,573	0,014	1,683	0,000	0,010	0,809	0,000	0,234	0,019	0,198	0,001	0,082	0,037	0,6	6,58	347	223	22,8	3,692	6,92E-04
mínimo		0,07	0,82	0,12	0,01	2,63	0,14	2,82	0,068	0,009	0,667		0,005	0,343		0,131	0,012	0,122	0,001	0,054	0,019	0,6	6,58	347	223	22,8	3,692	6,92E-04
média		0,02	0,36	0,01	0,01	0,95	0,01	1,59	0,007	0,005	0,147	0,000	0,001	0,033	0,000	0,082	0,006	0,084	0,001	0,025	0,010	0,6	6,58	347	223	22,8	3,692	6,92E-04

Anexo 11. Química da água de abastecimento – SABESP – Vila Eutália

Nome	Data	F	Cl	NO ₃ ⁻	Br	NO ₂ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr	Zn	NH ₄ ⁺	pH	Eh	CE	T (°C)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
SABESP-VE-304	mar/04	0,64	4,38	<0,005	<0,005	0,77	0,03	5,52	<0,05	0,030	6,850	<0,01	<0,01	0,060	1,900	0,850	<0,01	2,000	<0,01	0,060	0,020		7,5	294	67	25,6	17,01	0,03
SABESP-VE-704	jul/04	0,69	6,31	<0,005	0,03	1,26	<0,010	2,93	0,009	0,019	5,265	<0,002	<0,001	0,034	2,029	0,909	<0,01	2,453	0,001	0,048	0,007		7,6	471	62	19,7	10,90	0,02
SABESP-VE-804	ago/04	0,68	4,51	<0,005	<0,005	1,06	<0,010	3,29	0,017	0,019	4,950			0,050	2,088	0,822	<0,01	2,406	<0,001	0,048	0,011		7,8	-	-	-	13,53	0,04
SABESP-VE-904	set/04	0,67	5,66	0,04	0,01	0,68	<0,010	7,25	0,023	0,021	6,956			0,051	1,848	0,789	<0,01	2,473	<0,001	0,058	0,009		7,9	640	95	25	12,58	0,03
SABESP-VE-1004	out/04	0,71	4,72	<0,005	<0,005	0,65	0,10	4,82	0,046	0,018	6,951			0,036	2,069	0,842	<0,01	2,168	<0,001	0,050	<0,01	0,100	7,6	287	92	25,5	15,01	0,03
SABESP-VE-1104	nov/04	0,74	4,19	<0,005	<0,005	0,65	0,10	4,82	0,046	0,018	6,951	<0,002	<0,001	0,036	2,069	0,842	<0,01	2,168	<0,001	0,050	<0,01	0,100	7,6	287	92	25,5	15,01	0,03
SABESP-VE-0105	jan/05	0,64	4,28	0,00	<0,005	0,80	0,02	6,54	0,024	0,023	6,569	<0,002	<0,001	0,055	2,161	0,991	<0,01	2,437	<0,001	<0,2	0,058	0,011	8,2	515	92	23,5	16,09	0,13
SABESP-VE-0205	mar/05	0,66	3,91	0,01	<0,005	0,62	0,02	6,86	0,052	0,017	6,963	<0,002	<0,001	0,024	2,083	0,901	<0,01	2,270	<0,001	<0,2	0,050	0,008	8,0	514	62	26,6	14,94	0,07
SABESP-VE-0305	abr/05	0,64	3,64	0,01	0,01	0,54	0,04	4,82	0,043	0,021	6,904	<0,002	<0,001	0,060	1,989	0,822	<0,01	2,279	<0,001	<0,2	0,054	<0,01	7,9	608	54	24	16,68	0,07
SABESP-VE-0405	maio/05	0,73	6,31	0,04	0,03	1,26	0,10	7,25	0,052	0,030	6,956	<0,002	<0,001	0,060	2,161	0,991	0,000	2,477	0,001	0,060	0,058	0,100	8,2	640	95	26,60	17,01	0,13
SABESP-VE-0505	jun/05	0,64	3,64	0,00	0,01	0,54	0,01	2,93	0,009	0,017	4,950	0,000	0,000	0,024	1,848	0,789	0,000	2,000	0,001	0,046	0,007	0,006	7,5	287	54	19,70	10,90	0,02
SABESP-VE-0605	jul/05	0,67	4,62	0,02	0,01	0,77	0,04	5,16	0,029	0,021	6,059			0,045	2,017	0,863		2,356	0,001	0,051	0,027	0,054	7,8	476	72	24,27	14,59	0,05
SABESP-VE-0705	ago/05	0,67	4,62	0,02	0,01	0,77	0,04	5,16	0,029	0,021	6,059			0,045	2,017	0,863		2,356	0,001	0,051	0,027	0,054	7,8	476	72	24,27	14,59	0,05

Anexo 12. Química da água de esgoto – Vila Eutália

Resultados das amostras de esgoto da ETE Parque Novo Mundo (dados cedidos pela SABESP)

Data	NTK (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
mai/04	26	18	22	0	0	39
jun/04	26	17	21	0	1	41
jul/04	27	14	17	0	1	-
ago/04	36	19	24	0	0	33
set/04	29	19	23	0	0	42
out/04	25	16	20	0	1	38
nov/04	23	15	19	0	1	39
dez/04	23	13	16	0	0	32
jan/05	22	15	18	0	0	13
fev/05	25	17	21	0	0	-
mar/05	25	17	20	0	0	33
abr/05	31	23	28	0	0	31
mai/05	32	26	32	0	0	39
jun/05	31	19	23	0	0	38
máximo	36	26	32	0	1	42
Média	27	18	22	0	0	35
mínimo	22	13	16	0	0	13

Anexo 13. Perfis HCO_3^- x NO_3^- - Vila Eutália

Anexo 13. Perfis e localização dos perfis com concentrações de NO_3^- e H_2CO_3^* para o período de seca na área da Vila Eutália. As setas indicam a tendência de aumento das concentrações.

Anexo 13. Perfis e localização dos perfis com concentrações de NO_3^- e H_2CO_3^* para o período de seca na área da Vila Eutália. As setas indicam a tendência de aumento das concentrações.

Anexo 14. Dados isotópicos – USP

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P1R(4,5m)	11/02/04	-4,6	-32,8
P1R(4,5m)	10/03/04	-4,8	-36,0
P1R(4,5m)	19/04/04	-4,9	-35,1
P1R(4,5m)	17/05/04	-5,0	-35,4
P1R(4,5m)	16/06/04	-5,1	-37,3
P1R(4,5m)	26/07/04	-4,7	-35,6
P1R(4,5m)	23/08/04	-4,9	-36,5
P1R(4,5m)	27/09/04	-4,9	-36,4
P1R(4,5m)	24/11/04	-4,8	-34,6
P1R(4,5m)	18/01/05	-4,5	-32,8
P1R(4,5m)	21/02/05	-4,4	-34,9
P1R(4,5m)	21/03/05	-4,9	-38,6
P1R(7,5m)	20/04/04	-5,4	-38,6
P1R(7,5m)	17/05/04	-5,2	-38,1
P1R(7,5m)	16/06/04	-5,6	-39,8
P1R(7,5m)	26/07/04	-5,1	-38,8
P1R(7,5m)	23/08/04	-5,1	-39,1
P1R(7,5m)	27/09/04	-5,1	-39,3
P1R(7,5m)	24/11/04	-5,3	-39,2
P1R(7,5m)	18/01/05	-5,1	-37,0
P1R(7,5m)	21/02/05	-5,2	-38,1
P1R(7,5m)	21/03/05	-5,1	-41,3
P1R(13,5m)	20/04/04	-6,1	-40,1
P1R(13,5m)	17/05/04	-5,9	-42,0
P1R(13,5m)	16/06/04	-6,0	-43,2
P1R(13,5m)	26/07/04	-5,8	-41,7
P1R(13,5m)	23/08/04	-5,9	-42,7
P1R(13,5m)	27/09/04	-5,8	-43,1
P1R(13,5m)	24/11/04	-5,9	-43,1
P1R(13,5m)	18/01/05	-5,8	-41,4
P1R(13,5m)	21/02/05	-5,5	-42,2
P1R(13,5m)	21/03/05	-5,8	-35,6
P2R(4,5m)	19/04/04	-5,1	-37,2
P2R(4,5m)	17/05/04	-5,1	-37,8
P2R(4,5m)	16/06/04	-5,1	-38,7
P2R(4,5m)	26/07/04	-4,8	-35,0
P2R(4,5m)	23/08/04	-5,0	-35,9
P2R(4,5m)	27/09/04	-4,9	-36,3
P2R(4,5m)	24/11/04	-4,8	-36,2
P2R(4,5m)	18/01/05	-5,1	-35,3
P2R(4,5m)	21/02/05	-5,2	-38,0
P2R(4,5m)	21/03/05	-5,4	-39,5
P3R(4,5m)	11/02/04	-5,0	-36,4
P3R(4,5m)	10/03/04	-5,1	-39,4
P3R(4,5m)	19/04/04	-5,2	-37,1
P3R(4,5m)	17/05/04	-5,2	-37,7
P3R(4,5m)	26/07/04	-5,0	-36,2
P3R(4,5m)	23/08/04	-5,1	-37,9
P3R(4,5m)	27/09/04	-5,2	-37,6
P3R(4,5m)	24/11/04	-5,0	-37,9
P3R(4,5m)	18/01/05	-5,8	-41,7
P3R(4,5m)	21/02/05	-5,8	-44,4
P3R(4,5m)	21/03/05	-5,7	-41,6

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P3R(7,5m b)	20/04/04	-5,7	-40,2
P3R(7,5m b)	17/05/04	-5,7	-40,8
P3R(7,5m b)	16/06/04	-5,7	-41,9
P3R(7,5m b)	26/07/04	-5,6	-41,1
P3R(7,5m b)	23/08/04	-5,1	-41,5
P3R(7,5m b)	27/09/04	-5,8	-41,1
P3R(7,5m b)	24/11/04	-5,5	-42,4
P3R(7,5m b)	18/01/05	-5,6	-41,4
P3R(7,5m b)	21/02/05	-5,5	-40,5
P3R(7,5m b)	21/03/05	-5,6	-41,4
P3R(13,5m)	20/04/04	-6,1	-42,9
P3R(13,5m)	17/05/04	-6,1	-43,1
P3R(13,5m)	26/07/04	-5,8	-42,6
P3R(13,5m)	23/08/04	-6,0	-43,2
P3R(13,5m)	27/09/04	-6,1	-41,5
P3R(13,5m)	24/11/04	-5,9	-41,4
P3R(13,5m)	18/01/05	-5,9	-43,5
P3R(13,5m)	21/02/05	-5,8	-42,7
P3R(13,5m)	21/03/05	-6,1	-45,9
P1C(4,5m)	11/02/04	-4,9	-35,4
P1C(4,5m)	23/03/04	-5,1	-36,2
P1C(4,5m)	20/04/04	-5,2	-36,2
P1C(4,5m)	18/05/04	-5,1	-35,9
P1C(4,5m)	18/06/04	-5,0	-37,4
P1C(4,5m)	27/07/04	-5,0	-35,3
P1C(4,5m)	24/08/04	-5,1	-36,5
P1C(4,5m)	28/09/04	-4,8	-36,6
P1C(4,5m)	25/11/04	-4,8	-36,7
P1C(4,5m)	19/01/05	-5,9	-43,5
P1C(4,5m)	21/02/05	-5,7	-34,8
P1C(4,5m)	21/03/05	-6,0	-40,5
P1C(7,5m)	20/04/04	-5,1	-37,4
P1C(7,5m)	18/05/04	-5,2	-36,7
P1C(7,5m)	18/06/04	-5,3	-39,1
P1C(7,5m)	27/07/04	-4,9	-38,4
P1C(7,5m)	24/08/04	-5,3	-37,0
P1C(7,5m)	28/09/04	-4,9	-38,0
P1C(7,5m)	25/11/04	-5,0	-37,9
P1C(7,5m)	19/01/05	-4,9	-37,3
P1C(7,5m)	21/02/05	-5,1	-36,8
P1C(7,5m)	21/03/05	-6,1	-45,5
P1C(13,5m)	18/05/04	-5,9	-42,2
P1C(13,5m)	18/06/04	-5,9	-42,7
P1C(13,5m)	27/07/04	-5,7	-43,1
P1C(13,5m)	24/08/04	-5,9	-41,6
P1C(13,5m)	28/09/04	-5,7	-43,1
P1C(13,5m)	25/11/04	-5,7	-41,7
P1C(13,5m)	19/01/05	-5,6	-41,8
P1C(13,5m)	21/02/05	-5,6	-41,0
P1C(13,5m)	21/03/05	-5,6	-39,2

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P2C(4,5m)	11/02/04	-4,4	-41,5
P2C(4,5m)	23/03/04	-5,2	-40,1
P2C(4,5m)	20/04/04	-4,9	-39,0
P2C(4,5m)	18/05/04	-5,0	-39,0
P2C(4,5m)	18/06/04	-5,3	-30,2
P2C(4,5m)	27/07/04	-5,1	-31,8
P2C(4,5m)	24/08/04	-5,1	-49,7
P2C(4,5m)	28/09/04	-4,9	-35,3
P2C(4,5m)	28/10/04	-5,1	-39,7
P2C(4,5m)	25/11/04	-6,3	-46,0
P2C(4,5m)	19/01/05	-5,6	-37,5
P2C(4,5m)	21/02/05	-5,3	-37,0
P2C(4,5m)	21/03/05	-5,2	-36,0
P2C(7,5m)	20/04/04	-5,3	-37,6
P2C(7,5m)	18/05/04	-5,3	-37,9
P2C(7,5m)	18/06/04	-5,3	-39,6
P2C(7,5m)	27/07/04	-5,0	-36,4
P2C(7,5m)	24/08/04	-5,2	-38,0
P2C(7,5m)	28/09/04	-5,0	-38,5
P2C(7,5m)	25/11/04	-5,4	-38,7
P2C(7,5m)	19/01/05	-5,3	-30,5
P2C(7,5m)	21/02/05	-5,3	-38,1
P2C(7,5m)	21/03/05	-5,0	-36,9
P2C(13,5m)	23/03/04	-5,6	-40,4
P2C(13,5m)	20/04/04	-5,9	-41,2
P2C(13,5m)	18/05/04	-5,8	-41,0
P2C(13,5m)	18/06/04	-5,8	-43,3
P2C(13,5m)	27/07/04	-5,6	-41,7
P2C(13,5m)	24/08/04	-5,9	-41,1
P2C(13,5m)	28/09/04	-5,4	-41,0
P2C(13,5m)	25/11/04	-5,7	-41,7
P2C(13,5m)	19/01/05	-5,6	-39,0
P2C(13,5m)	21/02/05	-5,5	-39,7
P2C(13,5m)	21/03/05	-5,4	-39,4
P1G(200m)	16/02/04	-7,1	-51,9
P1G(200m)	09/03/04	-7,2	-56,6
P1G(200m)	28/04/04	-7,1	-48,3
P1G(200m)	09/08/04	-7,0	-53,8
P1G(200m)	02/12/04	-7,5	-53,5
P1G(200m)	01/02/05	-7,1	-52,6
P1G(200m)	29/03/05	-7,3	-55,4
P2G(50m)	16/02/04	-4,9	-43,7
P2G(50m)	09/03/04	-4,8	-42,5
P2G(50m)	28/04/04	-4,9	-37,4
P2G(50m)	09/08/04	-5,1	-39,4
P2G(50m)	02/12/04	-5,3	-37,3
P2G(50m)	01/02/05	-5,2	-37,0
P2G(50m)	29/03/05	-5,1	-38,6

Amostras de chuva

N° Campo	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$	Chuva (mm)
ZO-1b	nov/03	-4,9	-34,6	72,8
ZO-2	dez/03	-5,5	-41,1	122
ZO-3	jan/04	-6,1	-44,8	203,8
ZO-4	fev/04	-7,4	-55,4	191,8
ZO-5	mar/04	-4,9	-34,8	98,6
ZO-6	abr/04	-7,1	-50,2	80
ZO-7	mai/04	-3,4	-17,6	109,6
ZO-8	jun/04	-3,9	-24,0	38,8
ZO-9	jul/04	-4,3	-23,7	86,8
ZO-10	ago/04	0,2	12,9	4,8
ZO-11	set/04	-1,8	-2,8	19
ZO-12	out/04	-3,4	-26,3	137
ZO-13	nov/04	-4,5	-28,8	171
ZO-14	dez/04	-5,7	-39,3	118,2
ZO-15	jan/05	-8,8	-64,7	321,2
ZO-16	fev/05	-4,1	-35,6	143,2
ZO-17	mar/05	-7,1	-55,4	147,6
ZO-18	abr/05	-3,7	-41,1	110

Anexo 15. Dados isotópicos – Vila Eutália

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P1V(3,0m)	12/02/04	-4,8	-34,3
P1V(3,0m)	24/03/04	-4,5	-34,6
P1V(3,0m)	22/04/04	-4,7	-34,7
P1V(3,0m)	19/05/04	-4,7	-34,8
P1V (3,0m)	22/06/04	-4,8	-36,6
P1V(3,0m)	28/07/04	-4,7	-36,2
P1V(3,0m)	30/09/04	-4,5	-36,4
P1V(3,0m)	16/12/04	-4,7	-37,2
P1V(9,0m)	22/04/04	-5,6	-39,8
P1V(9,0m)	19/05/04	-5,7	-40,9
P1V(9m)	22/06/04	-5,8	-41,6
P1V(9,0m)	30/09/04	-5,5	-40,5
P1V(9,0m)	16/12/04	-5,5	-42,2
P1V(13,5m)	12/02/04	-5,8	-42,9
P1V(13,5m)	24/03/04	-5,7	-43,4
P1V(13,5m)	22/04/04	-6,0	-41,8
P1V(13,5m)	19/05/04	-5,8	-41,7
P1V(13,5m)	22/06/04	-5,9	-42,8
P1V(13,5m)	30/09/04	-5,5	-40,6
P1V(13,5m)	16/12/04	-5,6	-42,2
P2V(3,0m)	22/04/04	-5,3	-37,6
P2V(3,0m)	19/05/04	-5,2	-38,3
P2V(3,0m)	22/06/04	-5,3	-40,3
P2V(3,0m)	28/07/04	-5,3	-40,0
P2V(3,0m)	30/09/04	-5,1	-37,9
P2V(3,0m)	15/12/04	-5,3	-39,4
P2V(7,5m)	24/03/04	-5,4	-40,0
P2V(7,5m)	22/04/04	-5,7	-41,0
P2V(7,5m)	19/05/04	-5,6	-40,3
P2V(7,5m)	22/06/04	-5,6	-42,3
P2V(7,5m)	28/07/04	-5,7	-39,7
P2V(7,5m)	30/09/04	-5,4	-40,2
P2V(7,5m)	15/12/04	-5,6	-41,9
P2V(7,5m)	12/02/04	-5,4	-37,1
P2V(12,0m)	19/05/04	-6,0	-42,8
P2V(12,0m)	22/06/04	-6,3	-45,0
P2V(12,0m)	28/07/04	-5,9	-44,4
P2V(12,0m)	30/09/04	-5,9	-43,4
P2V(12,0m)	15/12/04	-6,1	-44,6
P3V(6,0m)	02/08/04	-5,2	-40,4
P3V(6,0m)	04/10/04	-5,2	-38,2
P3V(6,0m)	16/12/04	-5,2	-37,4

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P3V(15,0m)	26/05/04	-6,1	-44,3
P3V(15,0m)	13/02/04	-6,1	-43,3
P3V(15,0m)	26/03/04	-6,1	-42,6
P3V(15,0m)	26/04/04	-6,3	-44,3
P3V(15,0m)	02/08/04	-6,0	-43,9
P3V(15,0m)	04/10/04	-6,0	-41,9
P3V(15,0m)	16/12/04	-5,7	-42,1
P4V(7,5m)	12/02/04	-5,4	-38,1
P4V(7,5m)	24/02/04	-5,4	-40,7
P4V(7,5m)	23/04/04	-5,5	-39,6
P4V(7,5m)	19/05/04	-5,4	-40,0
P4V(7,5m)	30/07/04	-5,5	-41,4
P4V(7,5m)	01/10/04	-5,7	
P4V(7,5m)	16/12/04	-5,7	-39,7
P4V(15,0m)	23/04/04	-6,6	-47,2
P4V(15,0m)	19/05/04	-6,7	-46,6
P4V(15,0m)	30/07/04	-6,5	-47,8
P4V(15,0m)	01/10/04	-6,3	-46,1
P4V(15,0m)	16/12/04	-6,6	-47,6
P5V(8,7m)	26/03/04	-5,7	-40,3
P5V(8,7m)	26/04/04	-6,0	-40,5
P5V(8,7m)	26/05/04	-5,5	-40,6
P5V(8,7m)	02/08/04	-5,2	-39,8
P5V(8,7m)	04/10/04	-5,2	-39,9
P5V(8,7m)	16/12/04	-5,5	-41,4
P6V(4m)	25/05/04	-5,9	-36,9
P6V(4,0m)	30/07/04	-4,9	-37,0
P6V(4,0m)	15/12/04	-5,1	-37,3
P6V (18m)	25/05/04	-5,0	-41,5
P6V(18,0m)	13/02/04	-6,3	-43,4
P6V(18,0m)	26/03/04	-6,1	-42,6
P6V(18,0m)	22/04/04	-6,1	-42,4
P6V(18,0m)	30/07/04	-5,8	-43,7
P6V(18,0m)	04/10/04	-6,0	-43,2
P6V(18,0m)	15/12/04	-6,1	-43,1
P7V(6,0m)	12/02/04	-5,6	-38,0
P7V(6,0m)	24/03/04	-5,6	-40,4
P7V (6m)	25/05/04	-5,8	-41,0
P7V(6,0m)	23/04/04	-5,8	-40,4
P7V(6,0m)	02/08/04	-5,5	-41,9
P7V(6,0m)	01/10/04	-4,7	-34,0
P7V(6,0m)	16/12/04	-7,4	-58,8
P7V(15,0m)	23/04/04	-6,1	-42,7
P7V(15m)	25/05/04	-6,0	-44,1
P7V(15,0m)	02/08/04	-6,0	-43,2
P7V(15,0m)	01/10/04	-6,0	-43,6
P7V(15,0m)	16/12/04	-6,2	-42,9

Poço	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$
P8V(7,5m)	13/02/04	-6,1	-43,7
P8V(7,5m)	26/03/04	-6,1	-43,3
P8V(7,5m)	22/04/04	-6,3	-44,5
P8V(7,5m)	28/07/04	-6,0	-42,9
P8V(7,5m)	30/09/04	-6,2	-42,9
P8V(7,5m)	15/12/04	-6,7	-42,3
P8V(7,5m)	25/05/04	-6,2	-44,6
P8V(12,0m)	22/04/04	-6,2	-43,3
P8V (12m)	25/05/04	-6,4	-46,1
P8V(12,0m)	28/07/04	-6,3	-44,8
P8V(12,0m)	30/09/04	-6,0	-42,8
P8V(12,0m)	15/12/04	-6,2	-43,1
P8V(15,0m)	13/02/04	-5,8	-43,0
P8V(15,0m)	26/03/04	-6,0	-41,3
P8V(15,0m)	23/04/04	-6,3	-44,0
P8V (15m)	25/05/04	-6,3	-46,1
P8V(15,0m)	28/07/04	-5,8	-42,3
P8V(15,0m)	30/09/04	-6,0	-44,2
P8V(15,0m)	15/12/04	-6,2	-45,1
P9V(4,5m)	13/02/04	-4,7	-33,6
P9V(4,5m)	24/03/04	-4,5	-37,1
P9V(4,5m)	23/04/04	-4,7	-35,3
P9V(4,5m)	19/05/04	-4,6	-34,6
P9V(4,5m)	02/08/04	-4,7	-35,0
P9V(4,5m)	01/10/04	-4,5	-35,2
P9V(4,5m)	15/12/04	-4,7	-36,2
P9V(9,0m)	23/04/04	-5,3	-39,0
P9V(9,0m)	19/05/04	-5,3	-38,7
P9V(9,0m)	02/08/04	-5,2	-39,9
P9V(9,0m)	01/10/04	-5,1	-39,2
P9V(9,0m)	15/12/04	-5,2	-38,5
P10V(7,5m)	13/02/04	-4,9	-35,5
P10V(7,5m)	24/03/04	-4,8	-39,3
P10V(7,5m)	26/04/04	-4,8	-35,7
P10V(7,5m)	26/05/04	-4,9	-36,1
P10V(7,5m)	02/08/04	-4,7	-37,1
P10V(7,5m)	01/10/04	-4,6	-33,7
P10V(7,5m)	15/12/04	-6,2	-48,1
P10V(15,0m)	26/04/04	-5,8	-42,9
P10V(15m)	26/05/04	-6,3	-46,6
P10V(15,0m)	02/08/04	-5,8	-44,4
P10V(15,0m)	01/10/04	-5,9	-44,9
P10V(15,0m)	15/12/04	-6,3	-45,1

Amostras de chuva

N° Campo	Data	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$	$\delta\text{D}_{\text{‰}}$	Chuva (mm)
ZL-1	nov-03	-4,1	-31,0	70,8
ZL-2	dez-03	-5,2	-38,8	108,6
ZL-3	jan-04	-5,6	-43,1	232,6
ZL-4	fev-04	-7,5	-57,2	309,6
ZL-5	mar-04	-4,9	-37,2	85,9
ZL-6	abr-04	-6,9	-47,4	153,0
ZL-7	mai-04	-3,6	-20,5	69,9
ZL-8	jun-04	-4,3	-26,1	52,8
ZL-9	jul-04	-4,1	-22,0	79,7
ZL-11	set-04	-0,9	-0,1	11,5
ZL-12	out-04	-3,5	-30,9	42,1
CV-12M	nov-04	-4,5	-28,9	156,4
ZL-13	dez-04	-6,2	-44,4	112,5
ZL-14	jan-05	-8,9	-68,5	312,2
ZL-15	fev-05	-4,7	-32,1	135,2
ZL-16	mar-05	-9,2	-69,8	238,4