

OCORRÊNCIA DE MICRORGANISMOS NO AQUÍFERO FREÁTICO DO CEMITÉRIO VILA NOVA CACHOEIRINHA, SÃO PAULO

Bolivar A. Matos¹ & Alberto Pacheco¹

Resumo - Este trabalho mostra que o aquífero freático no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha encontra-se contaminado por íons e bactérias. A área de estudos fica localizada em terrenos pré-cambrianos na zona norte do município de São Paulo. O topo do embasamento está em profundidades que variam de 14 a 22 m, enquanto a profundidade do nível de água varia de alguns centímetros a mais de 17 m. O projeto monitorizou a qualidade das águas subterrâneas em vinte poços instalados no cemitério. Foi observada uma alta concentração de íons e a ocorrência de microrganismos. Os indicadores mostram que as águas encontram-se contaminadas, principalmente por bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores. As amostras de água dos locais onde o nível freático encontra-se mais próximo da superfície apresentam maior pH, maior condutividade elétrica, menor quantidade de oxigênio dissolvido do que as amostras dos poços onde os níveis freáticos estão mais profundo.

Palavras-chave – cemitério, contaminação, aquífero freático

INTRODUÇÃO

Os projetos de implantação correta dos cemitérios devem apoiar-se na caracterização do meio físico, ou seja, no conhecimento geológico e hidrogeológico da área onde será implantado o empreendimento, como forma de garantir a proteção do aquífero freático e o controle no processo normal de decomposição dos corpos. A natureza dos terrenos, entre outros fatores, tanto pode propiciar uma boa solução sanitária como transformar o cemitério num risco efetivo para o meio ambiente e num

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Rua do Lago 562, Cidade Universitária, São Paulo-SP, 05508-900, Tel.: 11-818.4239, Fax: 11-818.4129, bolivar@usp.br, apacheco@usp.br.

perigo para a saúde pública. É certo que muitas vezes se torna difícil encontrar os fatores favoráveis numa dada região, mas deve haver sempre a busca de uma solução adequada na implantação da necrópole (Pacheco & Matos 2000).

Estudos feitos em várias necrópoles dos municípios de São Paulo e de Santos (Pacheco et al. 1991) constataram a contaminação do aquífero freático por microrganismos - coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores e outros - oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação. Aqueles atingiram o aquífero através do "necro-chorume" - neologismo que designa o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação. Transportado pelas chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com a água subterrânea, o necro-chorume é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de cor castanho-acinzentada, viscosa, polimerizável, de cheiro forte e com grau variado de patogenicidade (Figura 1).

Migliorini (1994) observou o aumento na concentração de íons e de produtos nitrogenados nas águas subterrâneas do Cemitério Vila Formosa em São Paulo. A presença de bactérias e produtos nitrogenados no aquífero freático também foi constatada por Marinho (1998) no Cemitério São João Batista em Fortaleza.



Figura 1: Afloramento do necro-chorume no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha.

O objetivo deste trabalho é estudar a ocorrência e o transporte de microrganismos no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha. Nesta fase dos trabalhos, é mostrada a monitorização da qualidade das águas subterrâneas através de poços de observação instalados na área de estudos.

ÁREA DE ESTUDOS

O Cemitério Vila Nova Cachoeirinha fica localizado em uma colina na zona norte do município de São Paulo (coordenadas $46^{\circ} 40' 10''$ W e $23^{\circ} 28' 40''$ S) e compreende uma área aproximada de 22.589 m^2 . As cotas em relação ao nível do mar estão entre 735 e 792 m (Figura 2).

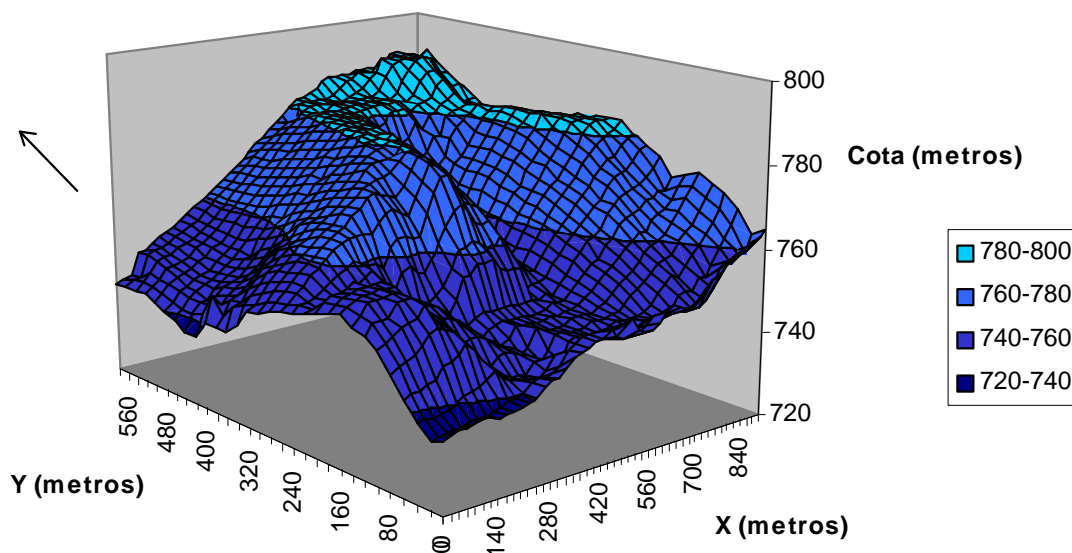


Figura 2. Topografia do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha.

O cemitério está localizado no Maciço da Cantareira, em terrenos pré-cambrianos polideformados de evolução polifásica e policíclica pertencentes à Faixa São Roque e próximo aos limites da bacia sedimentar de São Paulo. Na área afloram rochas da suíte granitóide sin- a tardi-tectônica (Dantas 1990).

A drenagem da área de estudos é bastante influenciada por agentes antrópicos. O córrego que drena a porção leste do cemitério (Ver Figura 2) foi parcialmente canalizado e

desemboca no Rio Cabuçu de Baixo. Este rio, localizado a oeste e a poucas centenas de metros do cemitério, escoa no sentido norte – sul, em direção ao Rio Tietê (Figura 3).

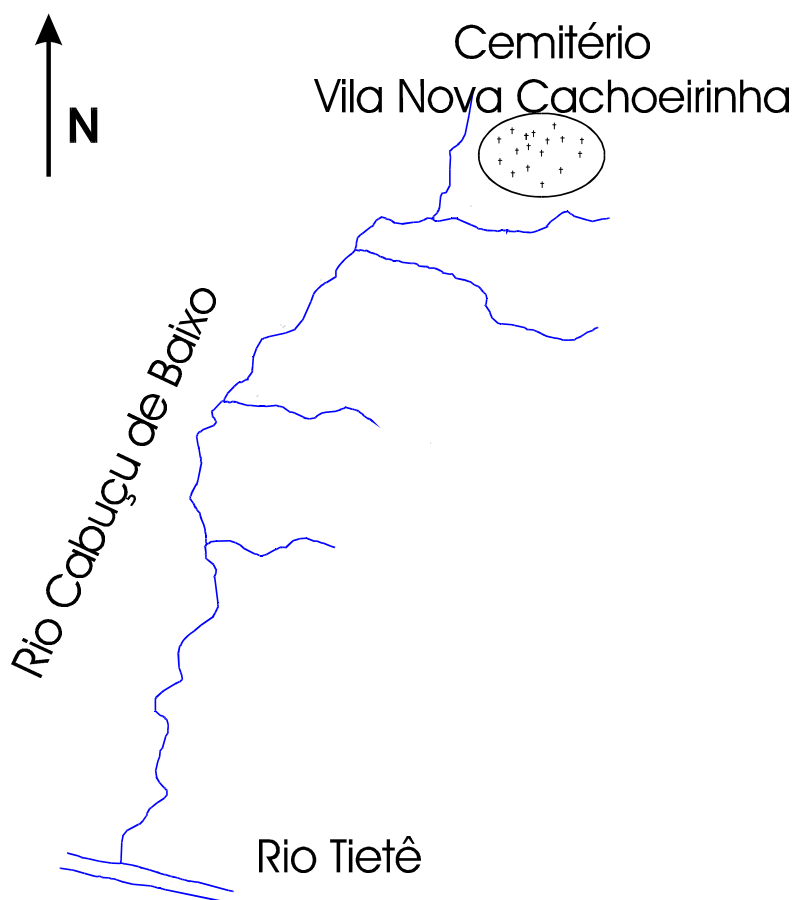


Figura 3. Drenagem da área de estudos. Escala aproximada: 1:32.500.

Sondagens elétricas verticais sugerem que o topo do embasamento está em profundidades que variam de 14 a 22 m. As sondagens elétricas e dados obtidos dos poços de observação instalados indicam que a profundidade do nível freático varia de alguns centímetros, nas cotas mais baixas, a mais de 17 metros no topo da colina (Bastianon et al. 2000).

O aquífero freático da área de estudos é formado por sedimentos terciários resultantes da alteração de granitos. Análises granulométricas de dezenove amostras de solos coletadas em furos de sondagens, em profundidades de 0 a 0,20, 0,80 a 1,00 e 1,40 a 1,60 m, mostraram a predominância de texturas argilosa a médio-argilosa (Matos et al. 1998). As condutividades hidráulicas em torno de quatro poços de observação e um furo de sondagem foram determinadas através de testes tipo “slug”. A mediana dos valores de K ficou em torno de $2E-6$ m/s (Matos et al. 1999). Este resultado está de acordo com os

valores esperados de K (Domenico & Schwartz 1990, Fetter 1994) para o tipo de solo encontrado nas sondagens realizadas no cemitério.

Em alguns locais da área, a presença de uma camada condutiva próxima à superfície parece indicar a existência de aquífero suspenso, já que a camada condutiva correspondente ao aquífero freático está em maior profundidade. A ocorrência de aquífero suspenso foi confirmada com sondagens realizadas no cemitério: furos abertos na mesma cota topográfica mostraram profundidades do nível de água à menos de 50 cm da superfície, enquanto outros estavam à mais de dois metros de profundidade (Matos et al. 1998).

MATERIAL E MÉTODO

Vinte poços de observação foram construídos, de acordo com a Norma Técnica 06.010 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB 1988), para o monitoramento do nível freático e para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha.

A localização dos poços dentro da área de estudos (Figura 4) foi definida através dos estudos eletromagnéticos (Bastianon 2000). As áreas de maior condutividade elétrica foram escolhidas para a instalação dos poços. Outros poços foram construídos para servirem como valores de fundo, já que estão em áreas a montante das sepulturas (P10) ou com o nível d' água profundo (P6, P8). De uma forma geral os poços foram construídos até que atingissem a profundidade de 1 m abaixo do nível freático.

Para a coleta de águas subterrâneas do aquífero freático, dois a três volumes de água foram esvaziados e desprezados correspondendo à coluna de água existente no interior dos poços de observação. Em seguida, a amostra foi coletada com um amostrador limpo e desinfetado que foi introduzido no poço com o auxílio de uma corda limpa e desinfetada com álcool (70%). Alguns parâmetros físicos e químicos (temperatura, pH, potencial redox, condutividade elétrica, O_2) foram determinados *in situ* com aparelhos previamente calibrados, os eletrodos foram limpos e imersos na amostra.

As amostras para análise bacteriológica foram armazenadas em frascos de polietileno autoclaváveis esterilizados, mantidas sob refrigeração e enviadas, dentro de 24 horas, ao Laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. Foram realizados brancos de amostrador e as amostras foram processadas em duplicatas. Os seguintes indicadores foram monitorados: coliformes totais e fecais, bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores.

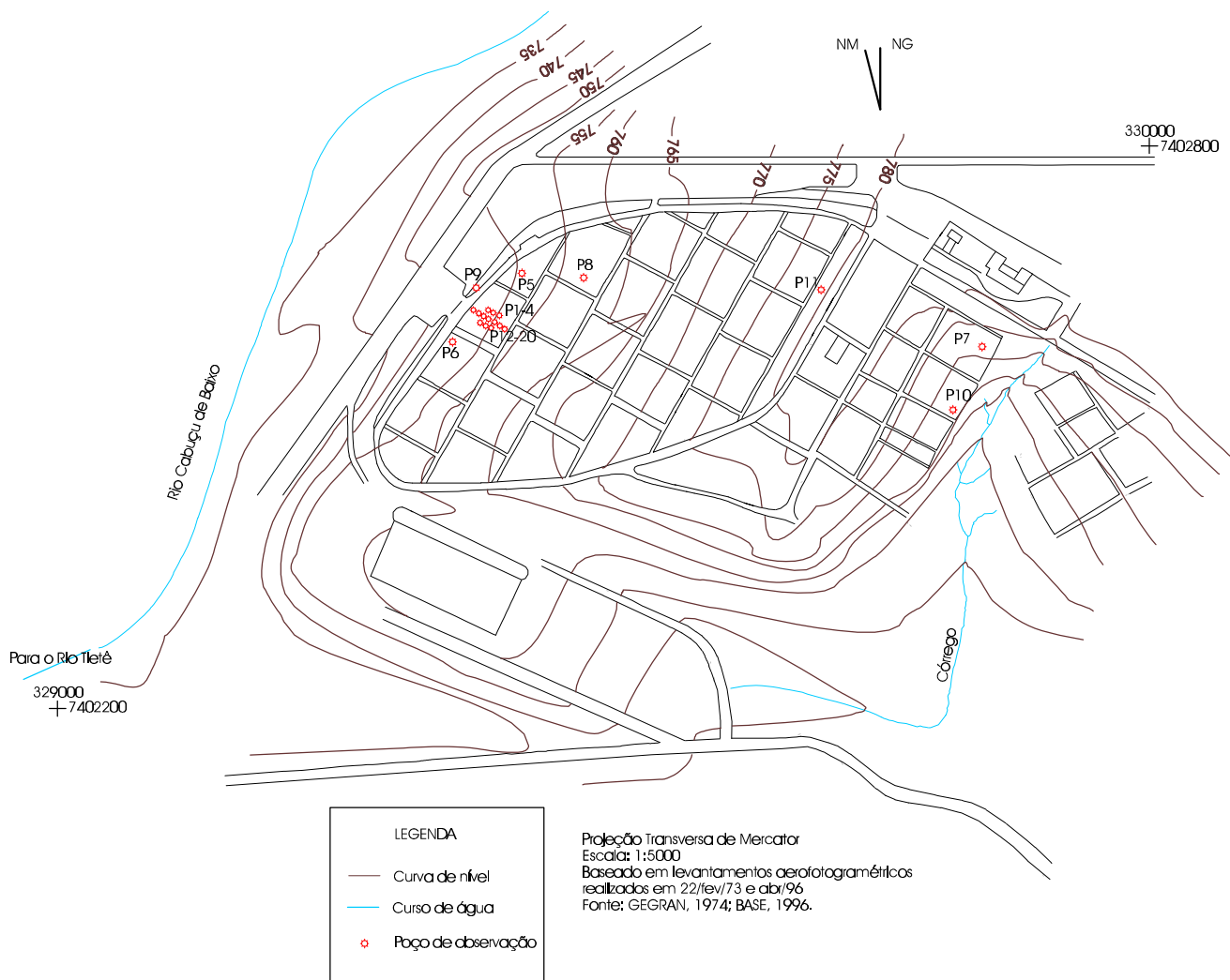


Figura 4. Cemitério Vila Nova Cachoeirinha com a localização dos poços de observação.

RESULTADOS

Os dados de nível de água observados nos poços monitorados foram utilizados para montar um perfil do terreno apresentando um modelo descritivo de fluxo das águas subterrâneas em regime permanente (Figura 5).

A Figura 5 é uma seção transversal do cemitério com o nível freático acompanhando a topografia do morro, entre o córrego e o rio Cabuçu de Baixo. O fluxo das águas subterrâneas é do topo em direção aos cursos de água. O topo do morro corresponde ao divisor de águas, onde o fluxo divide-se em direção ao rio e ao córrego.

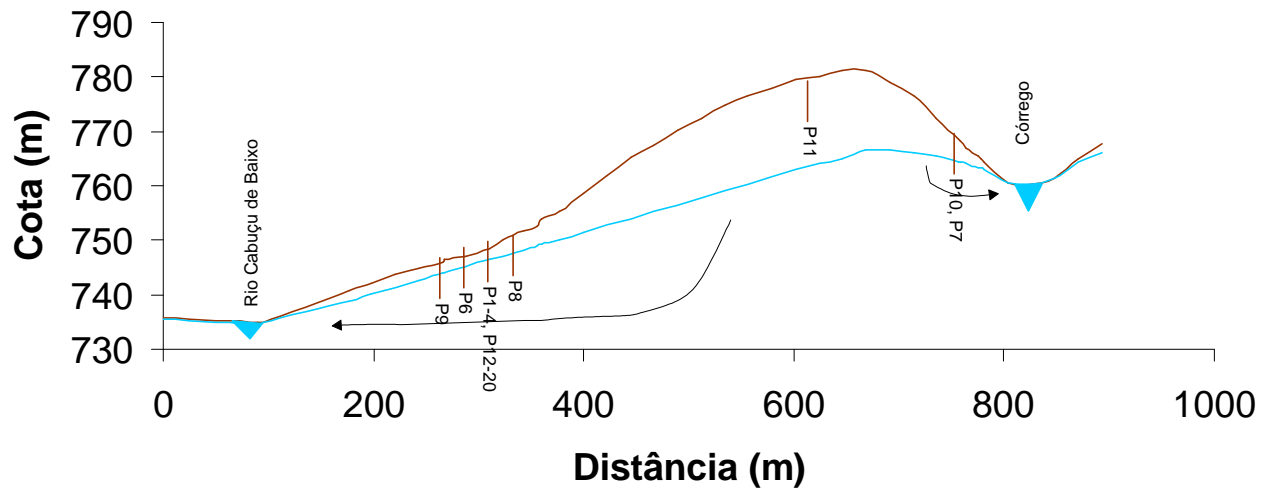


Figura 5: Seção transversal do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha mostrando modelo de fluxo das águas subterrâneas do aquífero freático.

As amostras de água subterrâneas mostram que as águas são, em geral, levemente ácidas com pH entre 6,0 e 6,8. Os valores de condutividade elétrica são expressivos, ficando em torno de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores determinados de potencial redox mostram um meio predominantemente redutor, com baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido (em torno de 1 mg/L).

As Figuras 6 e 7 mostram respectivamente a profundidade do nível freático nos poços de observação e a condutividade elétrica de amostras de água destes poços. Veja que existe uma relação entre os dois gráficos. Foi observado que as amostras de água dos locais onde o nível freático encontra-se mais próximo da superfície apresentam maior pH, maior condutividade elétrica, menor quantidade de oxigênio dissolvido do que as amostras dos poços onde os níveis freáticos estão mais profundo (por exemplo, P6: pH = 4,83; C.E. = 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$, O_2 = 3,6 mg/L. P8: pH = 5,10; C.E. = 72,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, O_2 = 2,4 mg/L). Isto sugere que as águas mais próximas dos sepultamentos estão mais contaminadas do que aquelas que estão mais protegidas.

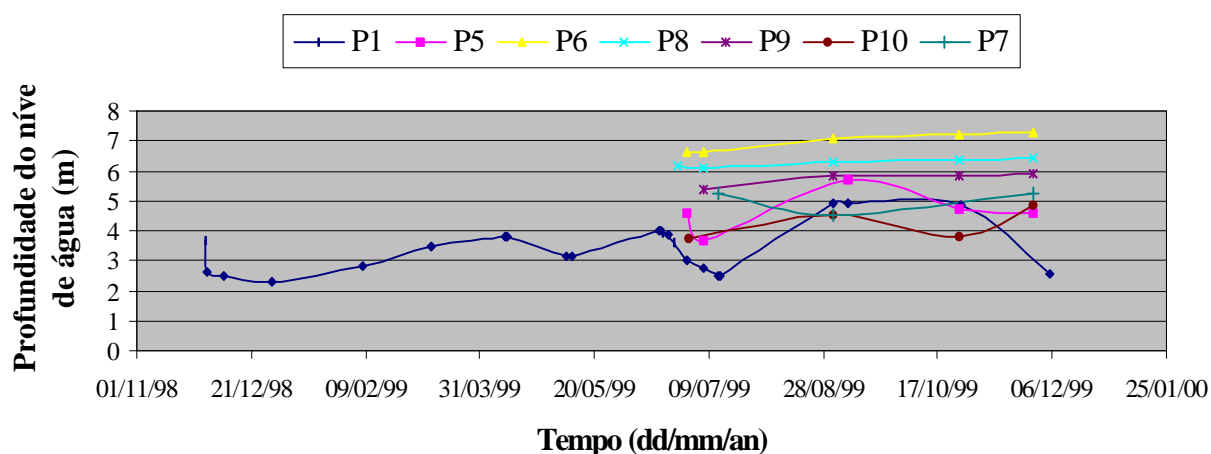


Figura 6: Profundidade do nível freático nos poços de observação.

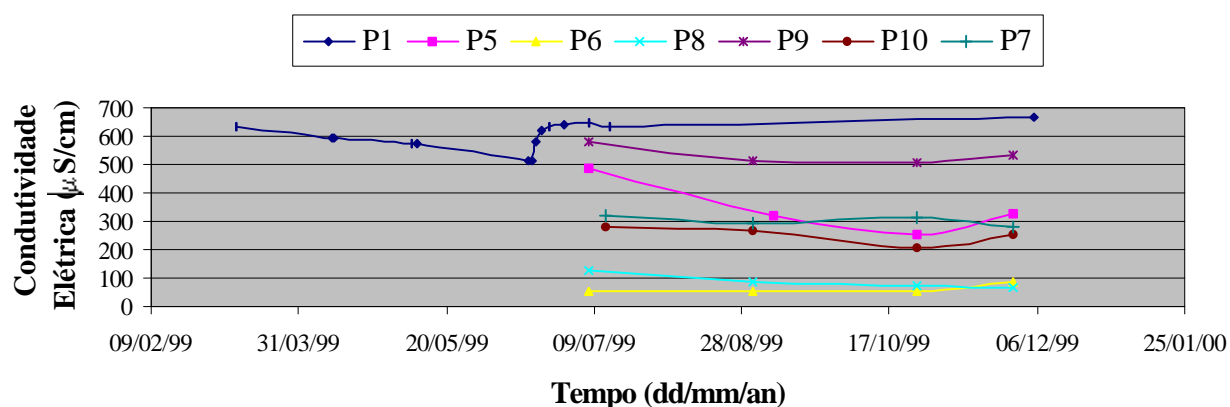


Figura 7: Condutividade elétrica das amostras de água dos poços de observação.

A Figura 8 mostra os indicadores bacteriológicos monitorados no poço P1. Os indicadores mostram que as águas encontram-se contaminadas principalmente por bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores. As bactérias heterotróficas não são patogênicas, mas requerem um ou mais compostos orgânicos como fonte de carbono. As mesmas estão sendo utilizadas como possíveis indicadores de contaminação provenientes dos sepultamentos. Os clostrídios, por serem esporulados, são bastante resistentes às condições adversas do meio ambiente, podendo sobreviver quando outros organismos já não estão mais presentes. As amostras têm apresentado baixo índice de coliformes totais e fecais.

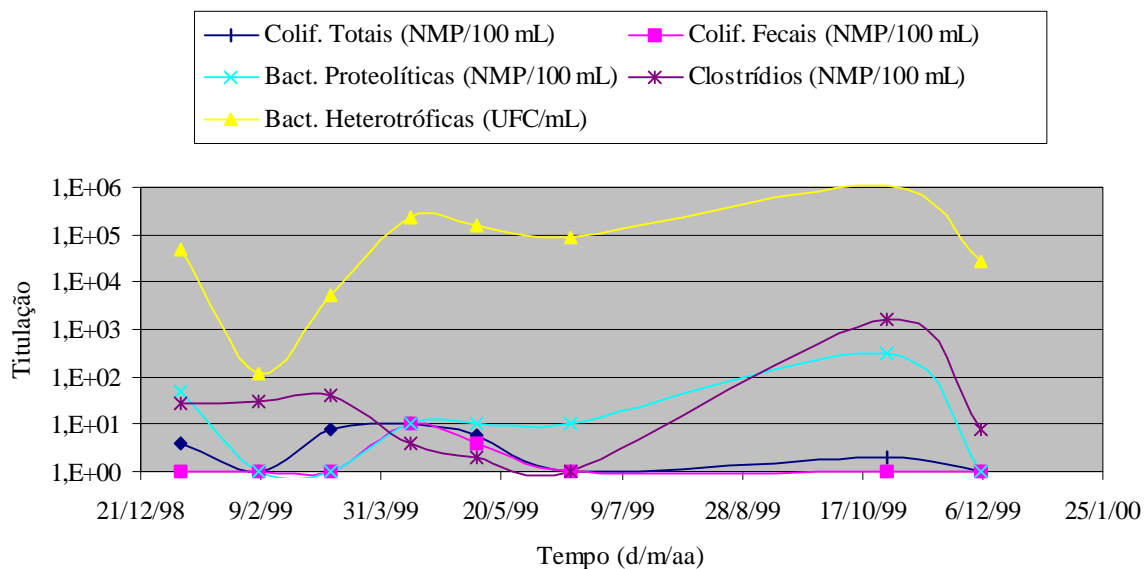


Figura 8: Indicadores bacteriológicos monitorados no poço P1.

No momento estão sendo estudados os mecanismos de transporte e retenção de vírus na área de estudos. Colunas de solo provenientes do cemitério foram montadas em laboratório e traçadores químico e biológico injetados na mesma. Um traçador químico foi injetado na área de estudos e o seu fluxo está sendo monitorizado. Em um trabalho inédito, amostras de água subterrânea do cemitério estão sendo analisadas para a presença de enterovírus e adenovírus.

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do aquífero freático no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha apresentam elevada concentração de íons e bactérias devido a contaminação oriunda das covas. Os indicadores mostram que as águas encontram-se contaminadas principalmente por bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores. As amostras de água dos locais onde o nível freático encontra-se mais próximo da superfície apresentam maior pH, maior condutividade elétrica, menor quantidade de oxigênio dissolvido do que as amostras dos poços onde os níveis freáticos estão mais profundo.

RECONHECIMENTOS

Este projeto tem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Processos: 96/01250-3, 97/07511-6), do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas e do Laboratório de Microbiologia Ambiental da Universidade de São Paulo, da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- BASTIANON, D.; MATOS, B.A.; AQUINO, W.F.; PACHECO, A.; MENDES, J.M. (2000) Geophysical surveying to investigate groundwater contamination by a cemetery. In: SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF GEOPHYSICS TO ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS, Arlington, 2000. *Proceedings*. Arlington, Environmental Engineering and Geophysical Society, 10 p.
- DANTAS, A.S.L. (1990) *Geologia da faixa São Roque e intrusivas associadas na região entre São Paulo e Mairiporã, norte de São Paulo, SP.* , São Paulo, 130 p., (Dissertação – Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- DOMENICO, P.A.; SCHWARTZ, F.W. (1990) *Physical and chemical hydrogeology*. New York, John Wiley and Sons. 824 p.
- FETTER, C.W. (1994) *Applied Hydrogeology*. 3.ed. Upper Saddle River, Prentice Hall. 691 p.
- MARINHO, A.M.C.P. (1998) *Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo de caso do Cemitério São João Batista*, Fortaleza, 88 p., (Dissertação – Mestrado) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará.
- MATOS, B.A.; BASTIANON, D.; BATELLO, E.; PACHECO, A.; PELIZZARI, V.; MENDES, J.M. (1998) Contaminação do aquífero livre em cemitérios: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., São Paulo, 1998. *Anais*. São Paulo, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 10 p.
- MATOS, B.A.; PACHECO, A.; RODRIGUES, D.F.; GAMBA, R.C.; PELIZZARI, V. (1999) Transporte de microrganismos no aquífero freático em cemitério: estudos em escalas de campo e de laboratório. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 4, Coimbra, Portugal, 1999. *Comunicações*. Portugal, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 17 p.
- MIGLIORINI, R.B. (1994) Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos. Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo, São Paulo, 74 p., (Dissertação – Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- PACHECO, A.; MATOS, B.A. (2000) Cemitérios e meio ambiente. *Revista Tecnologias do Ambiente*. Lisboa, Ano 7, n. 33, p. 13-15.
- PACHECO, A.; MENDES, J.M.B.; MARTINS, T.; HASSUDA, S.; KIMMELMANN, A.A. (1991) Cemeteries - a potential risk to groundwater. *Water Science and Technology*, v. 24, n. 11, p. 97-104.