

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR CEMITÉRIOS NA CIDADE DE BELÉM-PA

Vera Nobre Braz¹
Lucia Beckmann C. Menezes¹
Francisco Berredo²

RESUMO – A utilização cada vez maior das águas subterrâneas e a falta de legislação e fiscalização relativa a implantação de cemitérios, faz com que a possibilidade de contaminação dos aquíferos torne-se um problema para o qual deve-se procurar soluções o mais rápido possível. Neste estudo realizado no período de maio de 1993 a setembro de 1995, em três cemitérios da cidade de Belém-Pa, foram coletadas amostras de 8 pontos, nas quais foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados mostraram elevado número de bactérias nas águas subterrâneas e de escoamento superficial, além de evolução da contaminação durante o período de amostragem, o que é favorecido pelas características geológicas e hidrogeológicas das áreas estudadas.

PALAVRAS CHAVE: Água, Cemitério, Contaminação, Qualidade.

ABSTRACT – The use bigger and bigger of the ground water and the lack of legislation and fiscal control concerning to the establishment of cemeteries, what was fixed just a few time ago, turns the possibility of

¹ Universidade Federal do Pará. Dept°. Engenharia Química. Campus Universitário do Guamá. CEP: 66075-900. Belém-PA. Correio eletrônico: verabraz@ufpa.br/lmenezes.bel@terra.com.br

² PR-MCT/CNPq. Museu Paraense Emilio Goeldi. Departamento de Ecologia. Av. Perimetral, 1901. Caixa Postal: 399. CEP: 66017-970. Belém-PA. Correio eletrônico: berredo@museu-goeldi.br

contamination of the aquiferous into a problem which the solution must be found as fast as possible. In this study made in three cemeteries of the city of Belém-Pa, were collected samples of 8 different points of the city, in which were made physical-chemistry and microbiological analysis. The results have shown a great number of bacteria in the water and an evolution of the contamination during the sampling period, and it is favoured by the geological and hydrogeological characteristics of the site.

KEY WORDS: Water, Cemetery, Contamination, Quality.

INTRODUÇÃO

No Brasil ainda predomina o enterramento perpétuo, mas hoje, à semelhança dos Estados Unidos, já se constroem muitos cemitérios parque, prática que vem sendo bem aceita pela população. Como via de regra, os cadáveres são sepultados por inumação, que consiste no enterramento em covas simples de profundidade entre 1,10 a 1,55 metros ou por tumulação, que se dá pela colocação de cadáveres em canteiros de caixas retangulares, construídos em alvenaria ou concreto com profundidade máxima de 5 metros (Pacheco 1986).

Os cemitérios causam impactos ambientais consideráveis, dentre os quais, o mais importante está no risco da contaminação das águas subterrâneas por microrganismos que proliferam durante o processo de decomposição dos corpos e por microrganismos patogênicos causadores dos óbitos.

A implantação dos cemitérios no Brasil não vinha levando em conta os aspectos técnicos, ou seja, os aspectos hidrogeológicos fundamentais à proteção das águas subterrâneas, o que conduzia a riscos elevados de contaminação dos mananciais hídricos, particularmente dos lençóis freáticos, mais expostos à contaminação biológica, e que também são os mais utilizados pela população de baixa renda.

A escassez relativa e a acelerada deterioração da qualidade dos mananciais de superfície está fazendo com que se utilize de forma crescente as águas subterrâneas, que são cerca de 3 mil vezes mais abundantes, geralmente mais limpas e melhor protegidas contra os agentes contaminantes (Rebouças 1992).

Em Belém, alguns cemitérios foram instalados em terrenos cujo lençol freático está situado próximo à superfície, acarretando os riscos citados.

Todo processo antropogênico capaz de poluir ou contaminar as águas subterrâneas tem origem na superfície do solo. O comportamento dos contaminantes no solo e subsolo é determinado por processos geoquímicos, físicos e biológicos. Dentre estes últimos, pode-se citar: decomposição de matéria orgânica, transpiração, atividade bacteriana, biodegradação-biotransformação e bioacumulação (Rebouças 1992).

Características Geológicas da Área Estudada

A capacidade de retenção do solo depende de diversas condições, tais como litologia, aeração e redução de umidade. Quando estas não são favoráveis, a eliminação dos microrganismos patogênicos oriundos dos cadáveres pode não ocorrer. A filtração mecânica e a absorção são os processos mais importantes na retenção dos microrganismos. A eficácia destes processos tem sido estudada por vários especialistas que tem posto em evidência a importância do tipo de solo na retenção de bactérias e vírus (Schrops 1972, *apud* Pacheco 1986). A capacidade de retenção mantém uma relação inversa com a permeabilidade, assim, a infiltração de material contaminante em um terreno arenoso se faz com velocidade 1 milhão de vezes superior a que ocorre nas argilas (Pacheco 1986).

Estudos feitos na Alemanha Ocidental, através de análises bacteriológicas de amostras de água coletadas a 50 centímetros abaixo da base dos túmulos de um cemitério localizado em terreno de aluvião não-consolidado, mostraram que com relação a contaminação por bactérias, esta era imediata nas vizinhanças dos túmulos e que diminuía rapidamente com a distância (Schrops 1972; *apud* Pacheco 1986)

Outros pesquisadores constataram que 99,9% do total de bactérias patogênicas, podem ser removidas de águas residuais por filtração através de uma camada superficial de areia fina, superposta a uma sucessão de estratos de areia grossa e cascalho; entretanto, as análises encontraram coliformes fecais no valor de $10^2/100$ mL, na água de um poço situado a 27 metros do local de infiltração (Gilbert *et al.* 1976, *apud* Pacheco 1986). Um estudo semelhante encontrou estreptococos fecais a 183 metros, em poços de observação, na direção do fluxo subterrâneo (Shoub & Surber 1977; *apud* Pacheco 1986).

Observações preliminares de campo chamam a atenção para o fato de que a situação pode ser bastante grave em Belém, devido ao alto índice pluviométrico existente, a utilização de lençóis freáticos próximos à superfície e a geologia dos terrenos, que permitem infiltração e intercomunicação entre os lençóis.

Na região de Belém há uma seqüência sedimentar, pertencente ao Terciário e Quaternário, sobrejacente a um embasamento cristalino, granito-gnaissico. Os sedimentos do Terciário compreendem o Grupo Barreiras, de origem continental (argila, silte, areia, seixo, argilito, siltito, arenito e concreção ferruginosa) e a Formação Pirabas, de origem marinha (calcáreo, areia, argila, marga, arenito, siltito e argilito). Os depósitos Quaternários, localizados na parte superior da estratigrafia, são de maior interesse para os objetivos deste trabalho e constituem-se de areias, siltes, argilas, argilas aluviais e areno-argilosos de coloração amarelada (Pereira *et al.* 1994).

Métodos geofísicos de resistividade elétrica, potencial espontâneo, raios gama, etc., foram utilizados para localizar, descrever litologias e dimensionar o potencial dos aquíferos subterrâneos da Região Metropolitana de Belém (Porsani 1982; Pereira *et al.* 1994).

Os sedimentos clástico-arenosos do Quaternário, constituem-se em um dos principais mananciais de água subterrânea, contrastando com as camadas de natureza argilosa de pequena permeabilidade e baixa transmissividade hidráulica. O estudo de um poço aberto no cemitério Recanto da Saudade descreve as ocorrências dos aquíferos do Quaternário, como uma camada arenosa superficial, com espessura média de 5 metros e “suficientemente porosa e permeável para transportar materiais em solução na direção do fluxo natural da água nela contida”. Esta região apresenta nível estático das águas subterrâneas em torno de 1,4 metros, 1,3 metros e 0,5 metros, obtidos em 3 perfurações realizadas nos meses de maior precipitação pluviométrica da região (Porsani 1982).

Segundo Pereira *et al.* (1994), os aquíferos do Grupo Barreiras são os mais explorados na Região Metropolitana de Belém. São constituídos de areias finas a médias, as vezes grosseiras, conglomeráticas, quartzosas. Os horizontes lateríticos podem apresentar em alguns locais, cavidades intercomunicantes, constituindo-se em aquíferos de elevada transmissão de água. A espessura desses aquíferos atinge cerca de 20 metros, com pequena distribuição espacial e grande vulnerabilidade à contaminação, devido a sua localização próxima à superfície do terreno.

Levantamentos geofísicos no cemitério São José, no bairro do Bengui, que comprovaram que o fluxo da água subterrânea segue no sentido das residências (Carvalho Jr. & Silva 1996).

Aspectos Microbianos

No presente trabalho o interesse maior reside no conhecimento dos processos de putrefação, que se caracterizam pela atuação de vários microrganismos, principalmente as enterobactérias que são as iniciadoras do mecanismo de putrefação. Depois desta fase anaeróbia aparecem as bactérias facultativas e outras anaeróbias do gênero *Clostridium* (Pacheco 1986).

No processo de putrefação há dois períodos, o gasoso e o coliquativo. No primeiro ocorre formação de gases no interior do cadáver e posterior rebentamento do corpo, com liberação dos líquidos humorosos também chamados de necro-chorume, que é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas desagradáveis, de cor castanho acinzentado, mais viscosa do que a água, polimerizável, odor forte e pronunciado, com grau elevado de toxicidade e patogenicidade (CETESB 1993).

O necro-chorume pode entrar em contato com as águas subterrâneas, principalmente em áreas com intensa precipitação pluviométrica e com o nível do lençol freático próximo da superfície, num período que pode demorar de 1 a 4 semanas ou mais (Pacheco 1986), ou ainda, segundo ensaios realizados por Silva (1994), de 6 a 8 meses.

No período coliquativo, de duração de 2 a 8 anos, ocorre a dissolução pútrida, onde além dos germes putrefativos há também a presença de larvas e insetos.

Em conjunto com a ação microbiana agem determinados fatores ambientais tais como temperatura e umidade. Temperaturas mais altas influem na evaporação da água contida no corpo e no desenvolvimento das fermentações, enquanto o excesso de umidade favorece outros fenômenos transformativos, como a saponificação (Pacheco

1986), a qual deixa o corpo untuoso e portanto com condição de decomposição mais lenta.

Legislação

A legislação brasileira não previa perímetros de proteção sanitária em cemitérios; conseqüentemente, verifica-se a presença de moradias junto aos muros de necrópoles, o que é uma realidade condenável sob o ponto de vista de Saúde Pública (Pacheco *et al.* 1992).

Em 1989, a CETESB promulgou a primeira norma técnica brasileira no assunto, a L-1.040/89 – “Construção e Operação de Cemitérios”. Em 1993 essa norma foi revisada, remodelada e atualizada: L-1.040/93 – “Implantação e Operação de Cemitérios”, devidamente suplementada por roteiro básico para apresentação dos diagnósticos ambientais, necessários para aprovação e licenciamento das áreas pela CETESB e pela Secretaria de Meio Ambiente/SP – Roteiro para Elaboração de Estudos de Viabilidade Geológica de Cemitérios (Silva 1994).

No município de Belém, sobre este tema, foi feito um “Termo de Referência para Apresentação de Projetos de Construção de Cemitérios com Vista ao Licenciamento Ambiental”, pela Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), em 1992, posterior portanto à instalação dos cemitérios estudados neste trabalho.

Para atender às exigências da Lei Estadual 5887 de 09/05/95, em seus artigos 93 e 94 e devido aos resultados encontrados em pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal do Pará-UFPA, nas áreas de alguns cemitérios e ainda devido a denúncias feitas por cidadãos ao Ministério Público, a SECTAM, com o auxílio da UFPA e da Secretaria de Indústria e Comércio-SEICOM, propuseram um “Termo de Referência para a Implantação de Cemitérios”, com o intuito de

orientar e controlar a implantação dos mesmos, o qual já se encontra em uso (Damasceno *et al.* 1996).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos 3 cemitérios de Belém, sendo 2 deles denominados A e B, com cerca de 13 anos de utilização e o terceiro, C, com mais de 50 anos de funcionamento, servindo portanto de “background”.

O critério para a escolha foi a condição de inumação dos cadáveres, pois em A e B, o nível do lençol freático é bastante superficial, a cerca de 0,50 metros da superfície. As condições geológicas dos terrenos são semelhantes, pois ambos foram anteriormente, áreas de extração de areia. O cemitério C situa-se em terreno mais seco, porém apresenta litologia semelhante aos outros dois.

Como na época do início desta pesquisa não existiam ainda estudos geofísicos que auxiliassem na escolha dos pontos de coleta, tomaram-se pontos localizados dentro e fora da área dos cemitérios, a fim de se ter idéia da presença e avanço da contaminação das águas subterrâneas e de escoamento superficial.

As amostras foram coletadas diretamente dos poços ou através da canalização de bombeamento, não sendo possível o uso de piezômetros. A técnica utilizada e o volume coletado foram de acordo com o Standard methods ... (1990).

Foram selecionados 8 pontos de coleta, descritos abaixo:

CEMITÉRIO A

- Pto.01- poço artesiano com profundidade de 30 metros, no interior do cemitério

- Pto.02 - nascente a cerca de 200 metros em terreno em frente ao cemitério
- Pto.03 - poço artesiano com profundidade de 30 metros, distante cerca de 30 metros da entrada do cemitério

CEMITÉRIO B

- Pto.04 - poço com profundidade de 50 metros, no interior do cemitério
- Pto.05 - poço freático com profundidade de 7 metros, a cerca de 100 metros em frente do cemitério
- Pto.06 - córrego no terreno do cemitério

CEMITÉRIO C

- Pto.07- poço freático com profundidade de 6 metros, a cerca de 300 metros da área do cemitério
- Pto.08- córrego situado em terreno de drenagem, entre o cemitério A e um dos braços do lago Água Preta, pertencente ao Complexo Hídrico do Utinga, manancial que abastece Belém.

As amostras foram coletadas de maio de 1993 a setembro de 1995, com frequência quadrimestral tendo sido analisados os parâmetros relacionados a seguir, utilizando a metodologia descrita em *Standard methods ... (1990)*: pH, temperatura, nitratos, coliformes totais e fecais, estreptococos fecais, salmonelas, clostrídios sulfito redutores e contagem padrão de bactérias heterotróficas.

Para a execução das análises bacteriológicas contou-se com o apoio do Instituto Evandro Chagas/Fundação Nacional de Saúde e da CETESB.

Os dados obtidos foram submetidos a um tratamento estatístico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfurações efetuadas antes da implantação do cemitério A mostram que a camada arenosa superficial, com espessura média de 5 metros, pela própria natureza do material que a constitui, é suficientemente porosa e permeável para transportar materiais em solução, na direção do fluxo natural de água nela contida. Este fluxo é facilitado pela inclinação do substrato argiloso, sobre o qual aquela camada repousa e se dá preferencialmente na direção do maior gradiente dessa superfície (Porsani 1982).

Segundo Maltez (1992), apesar dos desníveis topográficos de Belém serem relativamente pequenos, o gradiente hidráulico na área dos lagos no Utinga é grande, indicando que as águas podem deslocar-se para eles.

O relatório técnico efetuado pelo geólogo Milton Porsani, apresentado à Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, por solicitação da Secretaria Estadual de Saúde – SESP (1982), inviabilizou a implantação do cemitério A, preocupando-se com o comportamento futuro da qualidade das águas subterrâneas, associada principalmente à primeira camada arenosa, assim como às águas de nascedouros e riachos a ela associados. A recomendação feita no relatório foi o rebaixamento do lençol freático, o que pelo que se nota, não foi efetuado.

Na Figura 1, em anexo, observa-se a localização do cemitério A nas proximidades da nascente do lago Água Preta e ainda, a localização do ponto de coleta 8.

Com relação ao cemitério B, a litologia é semelhante ao padrão geral da cidade e de acordo com informações verbais obtidas no Departamento de Administração de Necrópoles, as escavações realizadas para retirada de material para construção, rebaixaram

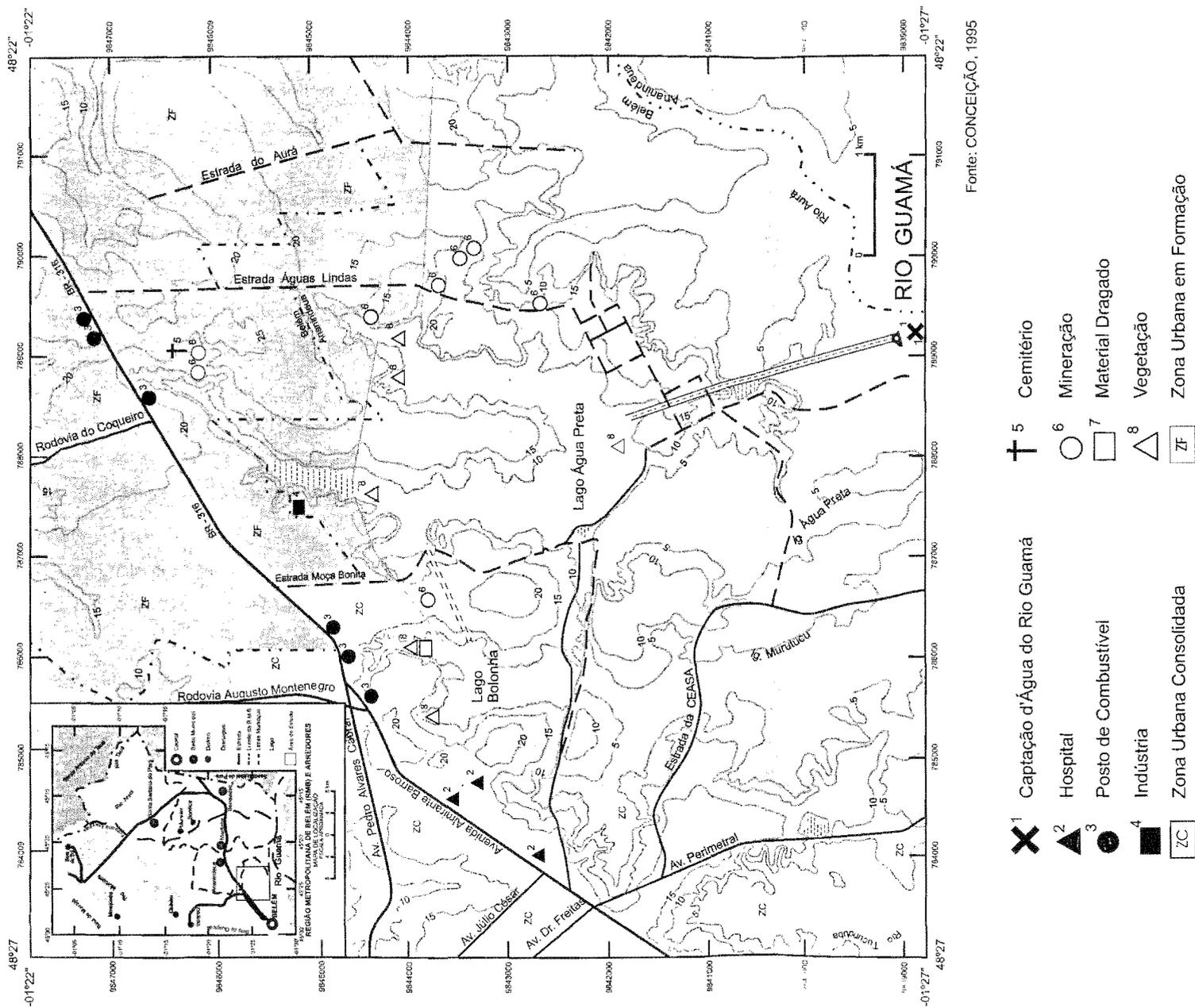


Figura 1 - Fontes de risco para o manancial do Utinga.

consideravelmente o solo, tornando-o inviável para a instalação do cemitério; entretanto este foi instalado de maneira precária, para atender a urgente necessidade de uma nova necrópole, já que as existentes estavam com suas capacidades esgotadas (Nascimento 1992).

Os estudos geofísicos realizados no cemitério B, através dos métodos de potencial espontâneo (SP) e eletroresistividade, mostraram que o fluxo da água sob o cemitério atinge áreas ocupadas pela população (Carvalho Jr. & Silva 1996).

O cemitério C, que corresponde ao “background”, hoje está situado em plena área urbana, o que ocorreu devido ao crescimento da cidade em sua direção.

Foram analisadas 26 amostras para detecção dos parâmetros, com exceção das bactérias heterotróficas, que foram em número de 12. As médias dos valores obtidos, assim como os máximos e mínimos, encontram-se na Tabela 1.

Tanto as temperaturas como os valores de pH encontrados, correspondem às características das águas amazônicas, ou seja, temperaturas de 28°C e pH ácido, na faixa de 5-6.

Os teores de nitrato encontram-se dentro da normalidade. Apenas os resultados do ponto 07, correspondente ao “background”, estão um pouco mais elevados, o que já era esperado, pelo tempo de uso do cemitério e o ponto 8 que apresentou valores da ordem de 4,0 mg/L.

Os pontos 2, 6 e 8, correspondem a águas superficiais. Apesar do ponto 2 ser uma nascente, a coleta das amostras foi feita no local em que se inicia o córrego formado. Nesses pontos foram encontrados os maiores valores das análises bacteriológicas, inclusive sendo os únicos que acusaram a presença de *Salmonellas*, caracterizando a patogenicidade da contaminação. Estes resultados podem dever-se a determinadas características dos locais, tais como a lixiviação do solo dos cemitérios e periferia, o elevado índice pluviométrico da região, o

Tabela 1 - Resultados obtidos no período de maio/93 a setembro/95.

Parâmetros	Pt. 1	Pt. 2	Pt. 3	Pt. 4	Pt. 5	Pt. 6	Pt. 7	Pt. 8
<i>Coli. Total</i>								
mínimo	2,0	0,5x10 ²	7,0	13,0	7,0	2,2x10 ²	4,0	2,4x10 ⁶
máximo	3,5x10 ²	5,0x10 ²	3,3x10 ²	13,0	2,8x10 ³	2,2x10 ⁶	1,3x10 ²	1,6x10 ⁸
média	1,0x10 ²	2,2x10 ³	1,6x10 ²	13,0	7,2x10 ²	6,3x10 ⁵	0,5x10 ²	8,1x10 ⁷
<i>Coli. Fecal</i>								
mínimo	2,0	0,3x10 ²	2,0	2,0	2,0	0,3x10 ²	2,0	2,2x10 ⁴
máximo	0,3x10 ²	3,0x10 ³	3,3x10 ²	2,0	1,7x10 ³	2,8x10 ⁵	2,0	1,3x10 ⁶
média	9,5	1,1x10 ³	0,9x10 ²	2,0	4,3x10 ²	1,3x10 ⁵	2,0	6,6x10 ⁵
<i>Streptococos</i>								
mínimo	ausente	2,0	ausente	ausente	zero	1,3x10 ²	ausente	5,0x10 ³
máximo	ausente	2,8x10 ²	ausente	ausente	7,0	1,3x10 ⁵	ausente	9,0x10 ⁴
média	ausente	1,0x10 ²	ausente	ausente	2,3	4,4x10 ⁴	ausente	4,8x10 ⁴
<i>Clostrídios</i>								
mínimo	zero	zero	2,0	2,0	2,0	0,3x10 ²	4,0	2,2x10 ³
máximo	4,0	0,5x10 ²	0,7x10 ²	2,0	5,0x10 ²	1,6x10 ³	0,2x10 ²	5,0x10 ⁴
média	1,0	0,2x10 ²	0,3x10 ²	2,0	1,3x10 ²	6,8x10 ²	0,1x10 ²	2,6x10 ⁴
<i>Salmonelas</i>								
mínimo	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	presente
máximo	ausente	presente	ausente	ausente	ausente	presente	ausente	presente
média	ausente	Grupo E	ausente	ausente	ausente	Grupo D	ausente	presente
<i>Bact. Heter.</i>								
mínimo	zero	1,1x10 ³	6,0x10 ²	ausente	1,3x10 ³	3,0x10 ³	1,2x10 ³	6,2x10 ⁵
máximo	1,0x10 ³	2,4x10 ³	1,9x10 ⁴	ausente	2,9x10 ⁴	4,2x10 ⁵	1,2x10 ³	6,2x10 ⁵
média	5,8x10 ²	1,8x10 ³	9,8x10 ³	ausente	1,5x10 ⁴	2,1x10 ⁵	1,2x10 ³	6,2x10 ⁵
<i>Nitrato</i>								
mínimo	0,3	0,2	0,6	0,1	0,3	0,3	0,1	3,8
máximo	1,5	1,1	1,4	0,1	0,8	0,4	3,1	3,9
média	1,1	0,8	1,2	0,1	0,4	0,3	2,1	3,8

que muitas vezes provoca transbordamento dos córregos, a ausência de saneamento básico nesses locais, com a presença de lixo e conseqüente degradação de matéria orgânica.

Com relação aos pontos 1 e 4, de água subterrânea, internos aos cemitérios, não se verifica poluição acentuada, destacando-se apenas a presença de clostrídios sulfito redutores em ambos. Além desses, no cemitério A foram encontrados coliformes e bactérias heterotróficas, provavelmente pela profundidade dos poços, o que leva a crer que os lençóis mais profundos estejam razoavelmente protegidos.

Quanto aos pontos 3,5 e 7, externos aos cemitérios, que são poços relativamente rasos, apresentaram valores significativos de coliformes totais e fecais, clostrídios sulfito redutores e bactérias heterotróficas, o que demonstra tanto a presença de poluição remota, quanto a sua continuidade. Isto já foi demonstrado para o ponto 5, através da direção do fluxo da contaminação, obtida pelos estudos geofísicos referidos anteriormente.

Merece destaque em separado, o ponto 8, por ter sido o que apresentou entre todos, os maiores valores entre os parâmetros bacteriológicos e pelo fato de desaguar no braço esquerdo do lago Água Preta, tornando-se um risco potencial para a população.

Comparando-se a média dos parâmetros microbiológicos dos pontos de coleta nos meses de setembro de 1993 e março de 1995, verifica-se que há uma evolução global e não localizada da contaminação (Figura 2), ou seja, independente da localização, crescimento populacional, condições de saneamento e outros fatores externos, houve aumento significativo dos valores obtidos no decorrer de seis meses.

A análise estatística entre os indicadores estudados, considerando os dados totais dos três cemitérios, foi feita através da obtenção de uma matriz de correlação com seus respectivos níveis de significância (Tabela 2) e pode-se observar que:

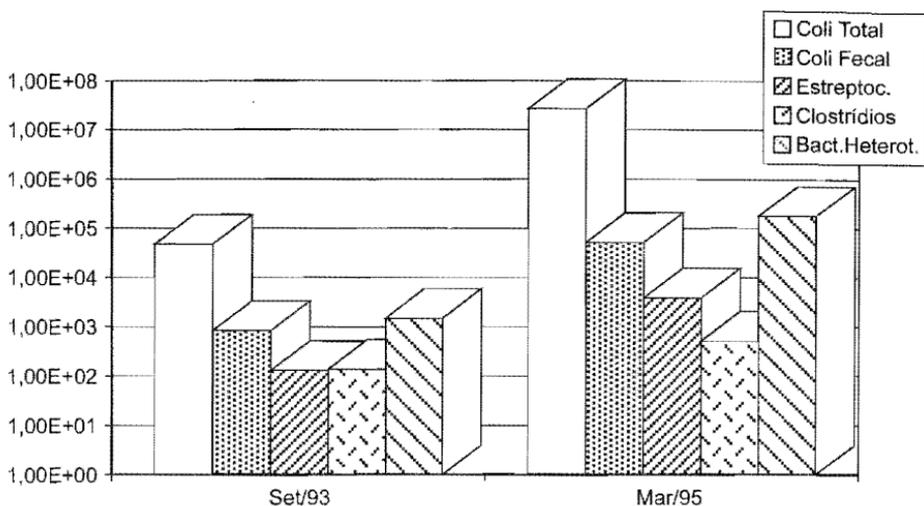


Figura 2 - Evolução da contaminação na área de estudo.

- em relação aos coeficientes de correlação, encontraram-se valores de 0,9674 e 0,9973 entre coliformes fecais e clostrídios sulfito redutores e estreptococos e bactérias heterotróficas, respectivamente; a um nível mais baixo, pode-se ainda citar a correlação encontrada entre coliformes totais e bactérias heterotróficas;
- em relação ao nível de significância ($p < 0,001$ e $p < 0,01$), mostrados na tabela 2 como os valores entre parênteses, foram obtidos resultados interessantes entre os três indicadores de poluição fecal e ainda entre as bactérias heterotróficas e coliformes totais, estreptococos e clostrídios. Em relação aos demais parâmetros analisados, foram observadas interações entre nitratos e coliformes totais e clostrídios e ainda entre pH e temperatura.

Tabela 2 - Matriz de correlação.

	Temp	PH	Nitrato	Coli Tot	Coli Fec	Estrept	Clostrid
<i>pH</i>	0,4731 (0,0146)						
<i>Nitrato</i>	-0,1472 (0,4731)	0,1082 (0,5989)					
<i>Coli.Total</i>	0,0823 (0,6896)	0,3384 (0,0908)	0,4900 (0,0111)				
<i>Coli.Fecal</i>	0,1738 (0,3959)	0,3021 (0,1336)	0,4399 (0,0245)	-0,0220 (0,9149)			
<i>Estreptoc.</i>	0,0686 (0,7739)	0,0684 (0,7743)	0,2131 (0,3670)	-0,0367 (0,8780)	0,6645 (0,0014)		
<i>Clostridío</i>	0,0782 (0,7040)	0,2205 (0,2790)	0,5157 (0,0070)	0,0156 (0,9395)	0,9674 (0,0000)	0,5630 (0,0097)	
<i>Bac.Heter.</i>	0,4507 (0,1414)	0,6712 (0,0169)	0,4966 (0,1005)	0,8203 (0,0011)	0,5688 (0,0536)	0,9973 (0,0000)	0,7928 (0,0021)

CONCLUSÃO

As características geológicas e hidrogeológicas dos terrenos, onde foram implantados os cemitérios estudados, favorecem a passagem de bactérias do solo e dos túmulos para as águas subterrâneas e, além disso, o alto índice pluviométrico da região contribui para a presença elevada de bactérias também nas águas superficiais, como está demonstrado nos resultados obtidos.

O excesso de umidade do solo, proveniente da infiltração das águas das chuvas e do alto nível dos lençóis freáticos, favorece a saponificação dos corpos, o que retarda sua decomposição pelo impedimento dos fenômenos de oxidação, que normalmente ocorrem após o enterramento dos cadáveres.

Como proposta para minimizar os problemas existentes, sugere-se que:

- em relação às águas superficiais, que seja projetado um sistema de drenagem com posterior tratamento;
- em relação às águas subterrâneas, que sejam recuperados através da adição no lençol freático, de substâncias oxidantes tais como permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, óxido de cálcio, peróxido de cálcio, etc., as quais, além de sua capacidade de eliminação de microrganismos, aceleram a degradação da matéria orgânica, e conferem um teor residual de oxigênio ao efluente percolante para o lençol freático. Estudos recentes demonstram a adequabilidade do uso do peróxido de cálcio para este fim (Silva 1994).

Sugere-se ainda, que seja verificada com rigor a localização da implantação de novos cemitérios, para que estes não sejam construídos em áreas onde o lençol freático se encontre próximo a superfície, ou em caso contrário, que se permita nesses locais apenas a construção de cemitérios verticais.

Finalmente, faz-se necessário uma intensa fiscalização ao cumprimento do Termo de Referência para a Implantação de Cemitérios do Estado do Pará, já em vigor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO JR., M.A.F. & SILVA, L.M.C. 1996. Métodos geofísicos aplicados ao estudo do fluxo da água subterrânea sob cemitério. WORKSHOP DE GEOFÍSICA APLICADA AO MEIO AMBIENTE I. Anais. Belém, p. 47.
- CETESB. 1993. Implantação e operação de cemitérios. NT-L1.040. São Paulo, maio.
- CONCEIÇÃO, A.L. 1995. *Riscos ambientais para o manancial do Utinga (Belém-Pará)*. Universidade Federal do Pará. Curso de Especialização. Monografia.

- DAMASCENO, F.G. *et al.* 1996. *Termo de Referência para Implantação de Cemitérios*. WORKSHOP DE GEOFÍSICA APLICADA AO MEIO AMBIENTE. Anais. Belém, p. 77.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ/SECTAM. 1992. *Têrmo de Referência para a construção de cemitérios*. Belém.
- MALTEZ, H.T. 1992. Água ruim abastece Belém. *O Liberal*, Belém, 22 nov.
- NASCIMENTO, A.F. 1992. *O meio ambiente urbano e as condições de vida da população do bairro do Bengui*, UFPA/CFCH.
- PACHECO, A. 1986. *Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento*. São Paulo, SABESP, p. 25-37.
- PACHECO, A. *et al.* 1992. Os perímetros de proteção sanitária em cemitérios e sua importância para as águas subterrâneas de abastecimento. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7. Anais. Belo Horizonte, p.119-122.
- PEREIRA, E.R., OLIVEIRA, W. & TANCREDI, A.C. 1994. Águas subterrâneas da região metropolitana de Belém. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4. Anais. Belém, p. 120-123.
- PORSANI, M. 1982. Relatório Técnico. Belém, UFPA/COSANPA.
- REBOUÇAS, A.C. 1992. Impactos ambientais nas águas subterrâneas. CONGRESSO BRASILEIRO ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7. Anais. Belo Horizonte, p.11-17.
- SILVA, L.M. 1994. Degradação ambiental causada por cemitérios. CONGRESSO ENGENHARIA CIVIL. Anais. Juiz de Fora.
- STANDARD methods for the examination of Water and Wastewater. 1990. 18 ed. New York, American Public Health Association.

Recebido em: 27.01.98

Aprovado em: 26.01.00