

INTEGRAÇÃO DE RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS E GEOFÍSICOS NA INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS POR CEMITÉRIOS

Vera Braz¹; Lúcia Beckmann² & Lúcia Costa e Silva³

Resumo - Os cemitérios têm se constituído fonte de contaminação das águas, principalmente das subterrâneas, devido à inadequação dos locais onde muitos são construídos provocando infiltração das substâncias de decomposição dos corpos no solo.

Para identificar o grau de contaminação das águas na área do cemitério São José, popularmente conhecido como do Benguí (Belém – PA), realizou-se análises físicas e bacteriológicas além do levantamento geofísico, destacando-se aqui o caminhamento com o método da eletroresistividade com o arranjo Wenner.

Com o caminhamento geofísico foi identificada a direção e o sentido do aquífero subterrâneo, e o conseqüente fluxo da contaminação, o que pode ser avaliado através das análises bacteriológicas efetuadas.

Conclue-se que as águas migram em direção aos poços freáticos existentes em residências localizadas em frente ao cemitério e que as mesmas se encontram impróprias tanto para potabilidade quanto para balneabilidade.

Palavras-chave - água subterrânea, contaminação, cemitério.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano provoca aglomerados populacionais que geram impactos ambientais das mais diversas ordens, dentre eles, os relacionados com os recursos hídricos. Um dos fatores que ocasiona alteração na qualidade de águas superficiais e principalmente subterrâneas está associado à implantação inadequada de cemitérios,

¹ DEQ/CT/UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01. Guamá. 66.075-900. Tel: 211-1115. Fax: 211-1675. verabraz@ufpa.br

² DEQ/CT/UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01. Guamá. 66.075-900. Tel: 211-1293. lmenezes@libnet.com.br

³ DGF/ CG/UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01. Guamá. 66.095-900. Tel/Fax: 211-1473. lmcs@ufpa.br

visto que o líquido resultante do processo de decomposição dos cadáveres se caracteriza pela alta concentração de microorganismos, muitos dos quais patógenos.

Os fenômenos de decomposição dos cadáveres podem ser de duas ordens: destrutivos e conservativos.

Dentre os fenômenos destrutivos, tem-se a putrefação, que se caracteriza pela atuação de vários microorganismos, principalmente as enterobactérias, que são as iniciadoras do processo. Nesta fase é gerado o necro-chorume, que é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas, de cor castanho acinzentada, mais viscosa que a água, odor forte e pronunciado, com elevado grau de toxicidade e patogenicidade (CETESB, 1993).

Já os fenômenos conservativos – mumificação e saponificação - são aqueles ligados ao tipo de ambiente em que são sepultados os corpos. Assim, em conjunto com a ação microbiana agem determinados fatores ambientais tais como temperatura e umidade. Temperaturas mais altas influem na evaporação da água contida nos corpos e no desenvolvimento das fermentações, favorecendo a mumificação, enquanto o excesso de umidade gera a saponificação (PACHECO, 1986).

Assim sabe-se que, em solos saturados de umidade, o processo de saponificação pode iniciar entre 1 a 2 meses e que os solos argilosos, devido à sua impermeabilidade quando saturado e à difícil aeração, facilitam o fenômeno. O mecanismo de saponificação ainda não está bem esclarecido (MIOTTO, 1990).

O necro-chorume, produzido durante a putrefação, pode entrar em contato com as águas subterrâneas, principalmente em áreas com intensa precipitação pluviométrica e com o nível do lençol freático próximo à superfície, num período que pode demorar de 1 a 4 semanas (PACHECO, 1986) ou, ainda, segundo SILVA (1994), de 6 a 8 meses.

Os microorganismos normalmente utilizados como indicadores de contaminação da água recomendados pela legislação brasileira vigente são os coliformes totais e fecais. Outros microorganismos têm sido propostos por entidades internacionais tais como a Organização Mundial de Saúde, para determinar a potabilidade e as condições de balneabilidade da água. Dentre estes tem-se os estreptococos, cryptosporidium, geardia lamblia, stafilococcus e pseudomonas, sendo que alguns deles já são utilizados no Brasil, mesmo sem a recomendação da lei.

Em águas possivelmente contaminadas por cemitérios, microorganismos como clostridium, salmonela, bactérias lipolíticas e proteolíticas devem ser pesquisados.

A eliminação de microorganismos patogênicos oriundos dos cadáveres pode não ocorrer, se algumas condições que irão determinar a capacidade de retenção do solo, tais

como, litologia, aeração e redução de umidade não forem favoráveis. A permeabilidade se faz numa relação inversa com a capacidade de retenção, assim a infiltração de contaminantes em um solo arenoso se faz com velocidade um milhão de vezes superior a que ocorre em solo argiloso (PACHECO, 1986).

Na região de Belém ocorre uma seqüência sedimentar, pertencente ao terciário e quaternário, sobrejacente a um embasamento cristalino. Os sedimentos do terciário, Formação Barreiras e a Formação Pirabas, compreendem os melhores aquíferos, sendo os da Formação Barreiras os mais explorados na Região Metropolitana de Belém. São constituídos de areias finas, a médias, às vezes grosseiras, conglomeráticas, quartzosas e horizontes lateríticos que podem apresentar cavidades intercomunicantes, constituindo-se em aquíferos cuja espessura atinge cerca de 20 metros, com grande vulnerabilidade à contaminação, devido a sua localização próxima à superfície do terreno (PEREIRA, OLIVEIRA & TANCREDI, 1994).

A implantação de cemitérios no Brasil não levava em consideração os aspectos técnicos necessários à proteção das águas subterrâneas, o que possibilitava altos riscos de contaminação, particularmente dos lençóis freáticos. Não havia na legislação brasileira, sequer perímetros de proteção sanitária em cemitérios.

A primeira Norma Técnica brasileira surgiu em 1989, promulgada pela Cetesb, sendo esta norma revista e atualizada em 1993 (CETESB, 1993; SILVA, 1994). No município de Belém, foi proposto um Termo de Referência em 1992 pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, o qual foi revisto e regulamentado em 1996 (GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, 1996).

Neste trabalho ilustra-se a identificação da contaminação de águas subterrâneas pela infiltração do necro-chorume, através de análises bacteriológicas com o auxílio da geofísica, para a detecção da direção e do sentido do fluxo da água subterrânea, em especial do aquífero livre, ou seja, do caminho disponível para a pluma de necro-chorume percorrer. Esse fluxo não necessariamente coincide com a direção do fluxo das águas superficiais, podendo apresentar variações locais, as mais comuns devido à presença de heterogeneidades litológicas, até variações muito maiores, inclusive denotando inversão entre o gradiente hidráulico do relevo atual e do paleorelevo.

O emprego de métodos geofísicos não dispensa observações geológicas, mas permite, contudo, reduzir significativamente o número de sondagens mecânicas, diminuindo o custo do trabalho e o tempo necessários à sua execução.

METODOLOGIA

Foi escolhido como área de estudo, o Cemitério São José, localizado no bairro do Benguí em Belém-PA, cuja terreno anteriormente experimentou intensa extração de areia, o que tornou o nível do lençol freático muito próximo da superfície (GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, 1995).

Foram selecionados 6 pontos de coleta, escolhidos com base no estudo geofísico realizado. A descrição dos pontos está sumarizada na Tabela 1.

Pontos	Localização	Descrição
01	Saída do poço artesiano	Início da tubulação de recalque
02	Poço freático	Poço interno na posição NW
03	Água de escoamento superficial	Canaleta ao lado do muro
04	Poço freático	Em frente ao cemitério
05	Córrego	A 100 m, em frente ao cemitério
06	Poço artesiano	A 100 m, atrás do cemitério, coletado da caixa d'água

Tabela 1 – Descrição dos pontos de coleta

O procedimento de coleta empregado seguiu a metodologia descrita em APHA (1995), tendo sido as amostragens realizadas em outubro de 1998.

As análises efetuadas e os métodos aplicados estão apresentados abaixo:

Análise	Métodos
pH	Colorimétrico (campo)
Temperatura	Medida e campo
Coliforme Total	Fermentação em Tubos Múltiplos
Coliforme Fecal	Fermentação em Tubos Múltiplos
Estreptococos	Membrana Filtrante
Bactérias Heterotróficas	Contagem Padrão em Placas

Na investigação geofísica foram utilizadas diversas técnicas (CARVALHO Jr., 1996), destacando-se aqui o caminhamento com o método de Eletrorresistividade, usando-se o arranjo Wenner. O método consiste em injetar corrente contínua (ou alternada de baixa frequência) em dois pontos do terreno (denominados de A e B) e medir a diferença de potencial entre dois outros pontos (M e N). Zonas condutivas podem ser tomadas como possuidoras de um maior conteúdo de água do que zonas resistivas.

As medidas de Caminhamento Elétrico foram realizadas com a distância entre cada par de eletrodos igual a 15 m, sendo as leituras tomadas a cada 15m. No total foram realizadas 91 medidas.

Os dados obtidos foram tratados pelo método estatístico Kriging e representados sob a forma de mapas de contornos, onde foi ajustada uma superfície polinomial do tipo $A+Bx+Cy$, para eliminar a freqüência espacial alta, porque estas correspondem às oscilações das medidas observadas a pequenas distâncias provocadas por heterogeneidades do terreno muito próximas da superfície, sem relação com o fluxo geral da água subterrânea. O gradiente a essa superfície, que fornece a direção e o sentido do fluxo da água subterrânea, foi calculado em graus. (Figura 1).

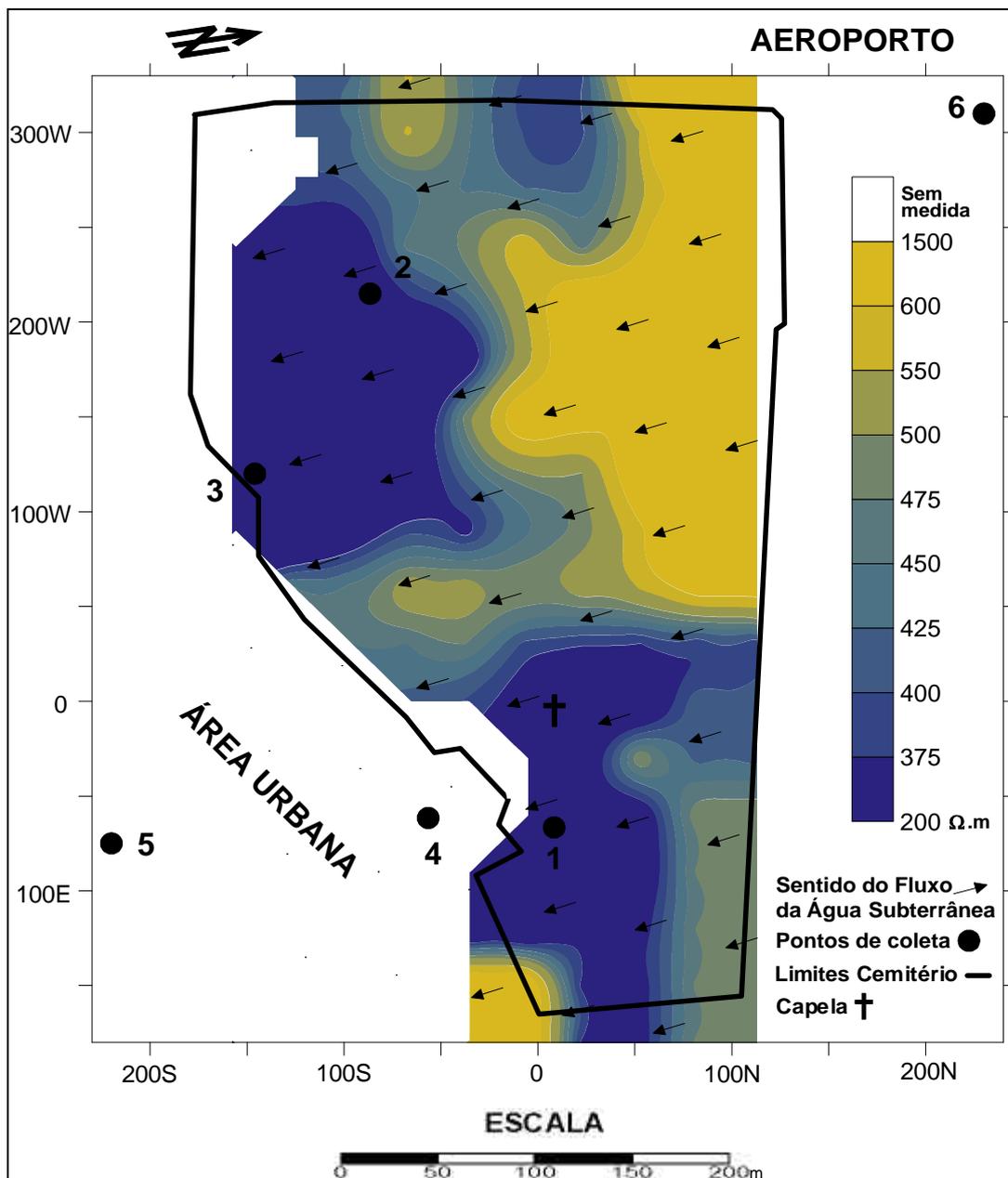


Figura 1: Mapa de Isoresistividade

RESULTADOS

O mapa de isoresistividade mostra que os valores de resistividade decrescem na direção N11°W, sentido SE, que são também a aproximação para a direção e o sentido do fluxo da água subterrânea (Figura 1). O lençol de água sofre, conseqüentemente, contaminação da direção do aeroporto para a área urbana.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 3, onde pode ser visto que o pH situou-se na faixa entre 5.0 e 5.5, enquanto que a temperatura variou entre 28 e 31°C. Estes valores, tanto de pH quanto de temperatura, são os habitualmente encontrados na região.

Para avaliação das águas estudadas optou-se pela identificação dos microorganismos indicadores de contaminação propostos pela legislação brasileira, que são os coliformes totais e fecais e bactérias heterotróficas. Além desses foi avaliada a presença de estreptococos, para estabelecer condições tanto de potabilidade quanto de balneabilidade e confirmar a origem fecal da contaminação (Tabela 3).

De um modo geral, os pontos de coleta 4 e 5 foram os que apresentaram os valores mais elevados dos microorganismos estudados (Tabela 3).

Amostra	Coliforme		Contagem UFC/mL	Estreptococos UFC/100mL	Temperatura °C	pH	Condutividade μS/cm
	Total NMP/100mL	Fecal NMP/100mL					
1	3×10^3	$0,2 \times 10^3$	$9,6 \times 10^2$	235	28	5,5	51,2
2	$1,3 \times 10^3$	$0,5 \times 10^3$	$> 300 \times 10^2$	3,3	31	5,5	45,9
3	8×10^3	8×10^3	3×10^2	3,3	31	5	64,2
4	13×10^3	13×10^3	$1,1 \times 10^2$	125	29	5,5	99,2
5	13×10^3	13×10^3	7×10^2	40	29	5	199,8
6	$0,2 \times 10^3$	-	< 30	-	29	5	39,6

Tabela 3 – Resultados obtidos em amostras de água do cemitério São José (Outubro/98)

Os valores encontrados no ponto 4, justificam-se pelo fato de estar localizado na direção do fluxo da água, na parte externa do cemitério em terreno saturado, recebendo portanto todo o material contaminante gerado no cemitério. Quanto ao ponto 5, que é um córrego, os resultados elevados ocorreram em virtude do mesmo receber a água de escoamento superficial do cemitério e os resíduos líquidos dos domicílios localizados na área.

O ponto 6 foi o que apresentou os mais baixos valores, inclusive merecendo destaque a não ocorrência de coliformes fecais, o que era esperado devido se tratar de

um poço artesiano, localizado fora da área de risco de contaminação do cemitério, de acordo com o estudo geofísico.

O ponto 1, apesar de ser também um poço artesiano, já vem sendo contaminado, apresentando valores elevados de estreptococos (235 UFC/100 ml), indicando contaminação fecal. Isto pode ser explicado por sua localização interna ao cemitério e na área saturada identificada pelo estudo geofísico.

Valores semelhantes aos do ponto 1, relativos a coliformes também foram encontrados no poço freático interno ao cemitério (Ponto 2), destacando-se os altos valores obtidos para bactérias heterotróficas, provavelmente originados pela somatória de efeitos de escoamento e de infiltração, visto que o poço não é protegido.

Já os resultados obtidos no ponto 3 são plenamente justificáveis pelas características e localização.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nos exames bacteriológicos, pode-se observar a contaminação das águas avaliadas por microrganismos provenientes do trato intestinal. Este fato sugere a influência da decomposição dos corpos na alteração da qualidade da água, principalmente das subterrâneas.

Por outro lado, as características geofísico/geológicas do terreno onde foi implantado o cemitérios estudado, 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 demonstrado nos resultados obtidos.

O excesso de umidade proveniente da infiltração das águas de chuva e do alto nível dos lençóis freáticos, favorece a saponificação dos corpos, o que retarda sua decomposição pelo impedimento dos fenômenos de oxidação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – 1985 – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association. New York.

CARVALHO Jr., M. A. F. – 1997 – Aplicação de Métodos Geofísicos ao Estudo de Águas Subterrâneas na Grande Belém (Caso Cemitério do Benguí). Belém, UFPA/CG/DGF. TCC. 64p.

CETESB – 1993 – Implantação e operação de cemitérios. NT-L1.040. São Paulo.

- CETESB – 1994 – Roteiro para Elaboração de Estudos de Viabilidade Geológica de Cemitérios. São Paulo, CETESB. 15 p.
- DAMASCENO, F.G.; Silva, L.M.C.; Braz, V.N.; Fonseca, F.C.G.; Oliveira, W. - 1996 - Termo de Referência para a Implantação de Cemitérios. Esforço Conjunto SECTAM/UFPA/SEICOM. In: WORKSHOP DE GEOFÍSICA APLICADA AO MEIO AMBIENTE, 1, Belém. p. 77-80.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ – SECTAM – 1996 – Termo de referência para elaboração de estudos visando ao implantação ambientalmente correta de cemitérios horizontais. Belém, SECTAM. 11p.
- MIOTO, S.L. – 1990 – Aspectos Geológicos-Geotectônicos da Determinação da Adequabilidade de Áreas para Implantação de Cemitérios. São Paulo, UNESP/Curso de Pós-Graduação em Geociências. Dissertação de Mestrado. 128 p.
- PACHECO, A. – 1986 – Os Cemitérios como Risco Potencial para as Águas de Abastecimento. SPAM (Agosto): 25-37.
- PEREIRA, E.R.; Oliveira, W. de & Tancredi, A.C.F.N.S. – 1994 – Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Belém. An. IV Simpósio de Geologia da Amazônia. SBG. Belém.
- SILVA, M.L. – 1994 – Degradação Ambiental causada por Cemitérios. I Congresso de Engenharia Civil. UFJF. MG.