

T 630

F 825 2

2005

RODRIGO DINIZ FRANCO



**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE POLUIÇÃO EM ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS EM DUAS NECRÓPOLES DO MUNICÍPIO DE BELO  
HORIZONTE - MG**

Dissertação apresentada ao Colegiado de Pós-Graduação da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Epidemiologia

Área de concentração: Epidemiologia

Orientador: Israel José da Silva

Co-orientadora: Leila Nunes Menegasse Velásquez

Belo Horizonte

Escola de Veterinária da UFMG

2005



BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA

05/04/06

857806-11

403458

F826a

Franco, Rodrigo Diniz, 1973

Avaliação de indicadores de poluição em águas subterrâneas em duas necrópoles do município de Belo Horizonte-MG / Rodrigo Diniz Franco. – 2005.

74 p.: il.

Orientador: Israel José da Silva

Co-orientador: Leila Nunes Menegasse Velásquez

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

I. Águas subterrâneas – Análise – Teses. 2. Águas subterrâneas – Microbiologia – Teses. 3. Águas subterrâneas – Contaminação – Teses. 4. Cemitérios – Teses. I. Silva, Israel José da. II. Velásquez, Leila Nunes Menegasse. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 551.49

Dissertação defendida e aprovada em 07 de julho de 2005, pela Comissão Examinadora constituída por:



  
Prof. Israel José da Silva  
(orientador)

  
Prof. Francisco Carlos Faria Lobato

  
Dr. Luiz Simeão do Carmo

  
Prof. Paulo Roberto de Oliveira

ESCOLA DE VETERINARIA  
BIBLIOTECA  
DA UFMG

À Deus  
À meu pai, à minha mãe,  
à meu irmão Alessandro e à minha irmã Rachel

## AGRADECIMENTOS

“Os cientistas nacionais  
não são de geração espontânea.  
Eles nascem porque um amontoado/de sacrifícios humanos anteriores  
lhes preparou a altitude necessária/de onde podem descortinar  
e revelar uma nação.” (Adaptado de Mário Quintana)

Prof. Dr. Israel José da Silva	Mirli Monteiro de Castro Rosa
Alexis de Matos Gomes	Nádia Maria da Silva
Aline Costa de Queiroz	Nelson Éder Martins
Ana Paula Diniz	Nilda Lucas Laurindo
Andréia Campolina Diniz (IEPHA-diretoria)	Norma Rodrigues de Abreu (DESA-UFMG)
Cardeal Dom Serafim Fernandes de Araújo	Padre Ilvo Roratto
Creuza Atanásio C. Vicente (Creuzinha)	Prof. Benedito Jonas Franco – ICEX-UFMG (Tio Bené)
Daniela Versieux	Prof. Dr. Alberto Pacheco
Doracy de Fátima Reis (Dora)	Prof. Dr. Alfred Hannemann Wieloch
Eliana Paiva de Rezende	Prof. Dr. Henry Simon J. Bennôitt Guillan Dupont
Elizabeth Sales (IEPHA-diretoria)	Prof. Dr. Hugo Sepúlveda (Notório Saber)
Érica Azevedo Costa	Prof. Dr. Ivan Sampaio
Érica Linardi Távora	Prof. Dr. Jean-Joel Quemeneur
Evaldo Antônio de Almeida	Prof. Dr. José Sérgio de Resende
Fabiana Vilela	Prof. Dr. Wilfrid Keller
Francisca Tenório dos Santos (Dona Chica)	Prof. Dra. Conceição Clarete Xavier (Teca)
Gerusa da Silva Salles Corrêa	Prof. Emílio Osório Filho (EE-UFMG)
Helene-Marie Pauliny	Prof. Ney Eni Demas Carnevalli (Titular) †
Jaciara (Botânica-ICB-UFMG)	Profa. Ângela Mascarenhas
Jeanine Diniz	Profa. Dra. Angela Lanna
João Nepomucemo de Oliveira (Seu Joãozinho)	Profa. Dra. Celina B. Lemos (Arquitetura-UFMG)
José Geraldo Lima	Profa. Dra. Erna Geissen Kroon
Juliana dos Santos Lopes (Ju Rosa)	Profa. Dra. Karin Briggitt Böttger
Júnia Pacheco Teixeira	Profa. Dra. Leida Maria Botion
Jurema Marteleto Rugani (Arquitetura-UFMG)	Profa. Dra. Lygia Maria Friche Passos
Jussara Coelho de Moura	Profa. Dra. Maria Carolina Loretto
Leila dos Anjos Araújo de Mello	Profa. Dra. Maria Giovanna Parizzi
Lorenzo Laporte Amaral	Profa. Dra. Mônica Ângela A. Meyer (FAE-UFMG)
Lúcia Helena Ferreira	Profa. Dra. Vivian Pellizzari (Microbiologia-USP)
Luciene Sudário Santos	Profa. Dra. Zélia Inês Portela Lobato
Lucinda Oliveira Silva	Profa. Yara Coelho
Lucilaine Valéria de Souza Santos	Renata Gondim da Costa
Lucy de Castro	Ronnie Antunes de Assis
Luis Fernando Scheider Loureiro (Jack)	Rosa C. Gamba (Microbiologia-USP)
Máisa (Botânica-ICB-UFMG)	Roza Maria de Oliveira
Marcilene Fernandes de Souza (Marcy)	Rubens de Oliveira Franco
Marcus Silveira	Salma Borges Cury
Maria das Graças Cruz – ICB-UFMG (Graça)	Sílvia Cristina de Abreu Lélis
Maria de Lurdes Costa de Queiroz (Tucha)	Sônia Rita do Nascimento (Dona Sônia)
Maria José Perdigão – ICB-UFMG (Sofia)	Suely Tocantins
Maria Rízia Amorim (Zoologia-ICB-UFMG)	Valéria (LANAGRO – Pedro Leopoldo)
Matheus Elisiário	
Maura Regina de Almeida	
Milton Luiz de Jesus	

*“O tempo muito me ensinou.  
Ensinou a amar a vida.  
Não desistir da luta.  
Recomeçar na derrota.  
Renunciar a palavras  
e pensamentos negativos.  
Acreditar nos valores humanos.  
Ser otimista.  
Creio numa força imanente  
que vai ligando a família humana  
numa corrente luminosa  
de fraternidade universal.  
Creio na solidariedade humana  
Creio na superação dos erros  
e angústias do presente.  
Acredito nos moços.  
Exalto sua confiança.  
Generosidade e idealismo.  
Creio nos milagres da ciência  
e na descoberta  
de uma profilaxia futura  
dos erros e violências do presente.  
Aprendi que mais vale lutar  
Do que recolher dinheiro fácil.  
Antes acreditar do que duvidar”.*

Cora Coralina (Grifos nossos).  
★ 1889 – †1985

SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 LITERATURA CONSULTADA</b> .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 Áreas Estudadas.....	15
3.2 Contexto Geológico.....	21
3.2.1 Cemitério da Paz.....	21
3.2.2 Cemitério da Saudade.....	21
3.3 Localização dos poços de monitoramento.....	23
3.4 Coleta das Amostras .....	25
3.5 Local de Análises.....	27
3.6 Análises Microbiológicas .....	27
3.6.1 Coliformes fecais e totais.....	27
3.6.2 Clostrídios Sulfito-Redutores.....	29
3.6.3 Enterococcus Fecais.....	29
3.6.4 Bactérias Proteolíticas.....	29
3.7 Análises Físico-Químicas: Metais, Nitrogênio e pH.....	29
3.7.1 pH.....	29
3.7.2 Nitrogênio Amoniacal.....	29
3.7.3 Metais.....	29
3.8 Análise Estatística.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
4.1 Coliformes Fecais e Totais.....	30
4.2 Bactérias Proteolíticas.....	31
4.3 Clostrídios Sulfito-Redutores.....	33
4.4 Enterococcus fecais.....	34
4.5 Parâmetros Físico-Químicos.....	35
4.5.1 Nitrogênio Amoniacal .....	35
4.5.2 pH.....	37
4.5.3 Metais.....	37
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	42
<b>6 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....	43
<b>ANEXOS</b> .....	47

---

### LISTA DE TABELAS

---

TABELA 1 –	Resultados obtidos em número mais provável (NMP) para coliformes nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004.....	30
TABELA 2 –	Resultados obtidos em número mais provável (NMP/ 100ml) para Bactérias Proteolíticas nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004.....	32
TABELA 3 –	Número mais provável de Clostrídios Sulfito-Redutores em NMP/100ml das amostras de águas subterrâneas coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004.....	33
TABELA 4 –	Número mais provável (NMP/100ml) para Enterococcus Fecais nas amostras de águas subterrâneas coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004.....	34
TABELA 5 –	Nitrogênio Amoniacal em mg/ml nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004.....	36
TABELA 6 –	Resultados obtidos em mg/L para metais nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte entre junho e dezembro de 2004.....	39

---

### LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 1 –	Aspecto das covas do Cemitério da Paz, mostrando fundo não revestido.....	17
FIGURA 2 –	Sistema de gavetários com túmulos de alvenaria às vezes revestidos – Cemitério da Saudade.....	19
FIGURA 3 –	Túmulos cujos caixões são sepultados diretamente no solo – Cemitério da saudade (Quadra das crianças).....	19
FIGURA 4 –	Exposição dos filitos (Gr. Sabará). Ausência de vegetação para controle de erosão. Cemitério da Saudade.....	23
FIGURA 5 –	Sulco de erosão e exposição a base da catatumba. Cemitério da Saudade.....	22
FIGURA 6 –	<i>Bailers</i> amostradores de água utilizados.....	27
FIGURA 7 –	Voçorocamento – Cemitério da Paz. 2000.....	47
FIGURA 8 –	Exumação – Cemitério da Paz. 1999.....	49



FIGURA 9 –	Abatimento de túmulo – Cemitério da Saudade. 1999.....	51
FIGURA 10 –	Túmulo em ruínas – Cemitério da Saudade. 1999.....	53
FIGURA 11 –	Aspecto de cova rasa na Quadra das Crianças – Cemitério da Saudade. 1999.....	55
FIGURA 12 –	Ossoário – Cemitério da Saudade. 1999.....	57
FIGURA 13 –	Vista interna do Ossoário – Cemitério da Saudade. 1999.....	59
FIGURA 14 –	Piezômetro ou Poço de Observação (P2). Cemitério da Paz. 2004.....	61
FIGURA 15 –	Aspecto de uma seqüência de coleta de uma amostra. Cemitério da Paz. 2005.....	63
FIGURA 16 –	Esquema construtivo dos poços de monitoramento.....	65

---

#### LISTA DE GRÁFICOS

---

GRÁFICO 1 –	Resultados obtidos para coliformes nas amostras de água do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade .....	67
GRÁFICO 2 –	Resultados obtidos para clostrídios sulfito-redutores do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	67
GRÁFICO 3 –	Resultados obtidos para Bactérias Proteolíticas do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	69
GRÁFICO 4 –	Resultados obtidos para Enterococcus fecais do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	69
GRÁFICO 5 –	Resultados obtidos para Nitrogênio Amoniacal do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	71
GRÁFICO 6 –	Resultados obtidos para Ferro do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	71
GRÁFICO 7 –	Resultados obtidos para Chumbo do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	73
GRÁFICO 8 –	Resultados obtidos para Alumínio do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....	73

GRÁFICO 9 – Resultados obtidos para Cálcio do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade.....

## RESUMO

As ações de impacto ambiental de atividades em centros ou aglomerados urbanos podem comprometer o aquífero e colocar em risco as populações dos entornos destas áreas. Devido a aspectos como estes o presente trabalho estuda o risco potencial de contaminação físico-química e microbiológica decorrente de dois cemitérios localizados em Belo Horizonte, pela investigação de parâmetros indicadores de contaminação. Utilizando-se poços de monitoramento para coletar amostras de água subterrânea, encontramos nestas amostras resultados que demonstram a presença de metais (Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Ca, Cr, Ni, Mn, Mg, Al), que poderiam estar se originando das alvenarias e urnas, estes resultados estão acima do recomendado para consumo humano. Também no aspecto microbiológico foram detectados a presença de indicadores de contaminação (clostrídios sulfito-redutores, coliformes fecais e totais, enterococcus fecais, bactérias proteolíticas) acima dos valores permitidos. Estes achados estão coerentes com a direção das águas subterrâneas e com a profundidade do nível freático.

Palavras-Chave: cemitério, águas subterrâneas, aquífero

## ABSTRACT

In this research it was evaluated the potencial risk of physical-chemical and microbiological contamination in two cemeteries in Belo Horizonte. The investigation was performed using contamination parameters. Groundwaters were collected from wells after a hole seenk in the earth. Metals (Pb, Zn, Ca, Mn and Al) were found in levels higher than those recommendable for humans. Concerning microbiological aspects, there were detected in water samples the presence of fecal coliforms. These finding probably indicates that those contamination are related to brickwork and coffins of the cemetery. These results also indicates that the groundwater profundity and moviment direction can carry minerals and microorganism from the cemeteries to the surroundings areas.

Keywords: cemetery, groundwater.

## 1 INTRODUÇÃO

O ato de sepultar cadáveres e conferir-lhes ritos mortuários é uma característica universal do ser humano, desde o aparecimento do Homem sobre a Terra. Os homens primitivos enterravam seus semelhantes de vários modos. Alguns grupos davam sepultura apenas, aos crânios, adornados com objetos pessoais, e outros ornamentos; outros inumavam os homens mas deixavam os cadáveres femininos em montes de lixo. Em Mônaco, na Gruta das Crianças, foram encontrados esqueletos do período Paleolítico que mostravam ter recebido tratamento fúnebre cuidadoso, na posição adormecida. Os primeiros rituais fúnebres humanos, conforme os achados arqueológicos em La Ferrassie, datam do Paleolítico Médio.

A palavra cemitério do grego *koimetérion*, de *kmão*, "eu durmo", designava a princípio quarto de dormir ou dormitório. O sentido atual vem de uma evolução semântica do latim *coemeteriu*, a partir da Idade Média, sob influência do Cristianismo, quando os mortos eram enterrados no interior de Igrejas e adjacências, impondo-se definitivamente a partir do século XVIII, quando se proibiram sepultamentos em Igrejas por razões de saúde pública. Os cemitérios passaram, então, a ser construídos ao ar livre e afastados dos centros urbanos. Não obstante serem construídos à distância, o crescimento urbano e o aumento demográfico levaram estas áreas a fazerem parte do contexto urbano.

Um dos grandes problemas existentes nas áreas urbanas está na implantação e operação inadequada de cemitérios, muitas vezes responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas, que podem afetar as populações que porventura as utilizem ou inviabilizando os benefícios de seu uso alternativo, ante a crise da água. Os cemitérios são fontes geradoras de impactos

ambientais, sendo o mais importante o risco de contaminação das águas por microorganismos oriundos do necrochorume da decomposição de cadáveres e transportados para o solo e águas subterrâneas por líquidos humorosos. O consumo destas águas, quando contaminadas pelos referidos líquidos podem causar doenças à população que fizer uso destas águas. Existem casos históricos sobre a contaminação de águas subterrâneas por líquidos humorosos, como os casos de febre tifóide ocorridos em Berlim no século XIX, de 1863 a 1867 e em Paris, na década de 50, respectivamente (Pacheco, 1991).

Para entender a razão pela qual cemitério é um risco potencial para o ambiente é necessário conhecer o fenômeno biológico da contaminação, onde a putrefação - processo químico e biológico - é responsável pela destruição física e química do corpo. Em tecidos aonde há uma predominância de lípidos a tendência é ocorrer uma liquefação, em tecidos onde há uma predominância de proteínas, a tendência é ocorrer uma precipitação de proteínas. Durante a putrefação há a formação de gases que rompem o cadáver, com a liberação de líquidos humorais que podem contaminar o solo e atingir o aquífero freático, e pode também conter microorganismos patogênicos que são transportados pelas chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com as águas subterrâneas.

Não se sabe muito sobre a composição do necrochorume em relação à carga microbiológica, mas devido à sua composição química, é provável que sejam encontrados bactérias proteolíticas, bactérias lipolíticas, bactérias que são normalmente excretadas por humanos e animais, como *Escherichia coli*, *Enterobacter sp*, *Klebsiella sp* e *Citrobacter sp* (as quatro formam o grupo coliforme total), *Streptococcus faecalis*:

alguns clostrídios como *Clostridium perfringens*, dentre outros. É provável ainda que estejam presentes bactérias patogênicas, como *Salmonella typhi*, e vírus como os enterovírus. São várias as enfermidades de veiculação hídrica que podem decorrer da contaminação por cemitérios, como a hepatite, a leptospirose, febre tifóide e paratifóide, poliomielite, meningite, cólera e infecções intestinais graves.

Os níveis de nitrogênio, em condições anaeróbias estão presentes nas formas de nitrato à amônia ou sua desnitrificação pela atividade microbiana. Um dos problemas que podem ser causados por altos índices de nitrogênio, sob a forma de nitrato, é a metahemoglobinemia infantil. (Martins *et al.*, 1991). A amônia, quando em solução, pode estar tanto na forma de gás dissolvido (NH<sub>3</sub>), em pH < 8, toda a amônia está na forma iônica (NH<sub>4</sub>).

Quanto aos metais, estes originam-se de metais presentes em urnas e alvenarias, podem causar intoxicações e comprometer a potabilidade das águas do aquífero subterrâneo, tornando-a imprópria para consumo humano, balneabilidade ou uso industrial.

Em razão do exposto, este trabalho teve por objetivo fornecer um diagnóstico da contaminação bacteriológicas e de metais pesados das águas subterrâneas decorrente de dois cemitérios de Belo Horizonte, ambos de grande demanda diária de sepultamentos.

## 2 LITERATURA CONSULTADA

Ainda são poucas as pesquisas sobre cemitérios e a possibilidade de contaminação do aquífero subjacente decorrente dos mesmos. Pacheco, ao realizar uma sistematização crítica das pesquisas já realizadas dentro do tema, apontou serem escassos os trabalhos sobre

o assunto, alertando sobre a necessidade de uma visão sanitária para implantação de cemitérios e a adoção de medidas mitigadoras em áreas contaminadas.

Miotto (1990) desenvolveu, sob um enfoque preponderantemente geológico, um trabalho sobre a implantação de cemitérios, apontando a importância das condições de aeração, umidade e retenção de contaminantes da zona não-saturada, que muitas vezes determinam a adequabilidade da área para a implantação de cemitérios, assim como a profundidade do nível freático. A capacidade de retenção é desfavorecida em solos arenosos, onde a permeabilidade se faz numa relação inversa à capacidade de retenção, proporcionando uma infiltração de contaminantes numa velocidade muito maior que em terrenos argilosos, estes por sua vez são desaconselháveis por favorecerem a saponificação dos cadáveres.

Pacheco *et al.* (1991) estudaram a contaminação bacteriológica de cemitérios em São Paulo e Santos, este foi o trabalho de maior impacto no Brasil, e no mundo, desenvolvido dentro da perspectiva de diagnosticar a contaminação do aquífero por cemitérios. Procurou-se selecionar cemitérios em características geológicas distintas para comparar a resposta do aquífero ao processo de contaminação. Após estudos geofísicos e geomorfológicos para determinar a direção das águas subterrâneas, foram instalados poços de observação do aquífero para coleta das amostras. As 67 amostras coletadas durante um ano (janeiro a dezembro de 1989) constataram a contaminação das águas subterrâneas nos três cemitérios estudados, inviabilizando-as para consumo, a qualidade bacteriológica mostrou ser influenciada pelo contexto geológico e pelo nível do aquífero freático. De uma forma geral, os níveis de bactérias proteolíticas, lipolíticas, estreptococcus fecais e clostrídios sulfito-redutores foram

encontrados na maioria das amostras dos três cemitérios, comprovando a condição bacteriológica insatisfatória das águas estudadas. As bactérias proteolíticas e lipolíticas indicam presença de decomposição de matéria orgânica. O cemitério que apresentou maior contaminação foi o Cemitério de Areia Branca, devido às suas condições hidrogeológicas e geológicas. O aquífero freático possui pequena profundidade (entre 0,60 a 2,20m) e o solo é arenoso e permeável; este cemitério apresentou níveis superiores de coliformes fecais, estreptococcus fecais, clostrídio sulfito-redutores, bactérias heterotróficas aeróbias e bactérias lipolíticas em relação aos demais. O Cemitério Vila Formosa apresentou os índices mais baixos de coliformes fecais, metaemoglobinemia infantil, bactérias heterotróficas aeróbias e anaeróbias, e bactérias lipolíticas e proteolíticas, entre os três cemitérios estudados.

Migliorini (1994) estudou a contaminação química das águas subterrâneas da área do Cemitério de Vila Formosa em São Paulo-SP, usando como parâmetros indicadores a presença de metais e compostos nitrogenados. A profundidade irregular do nível freático do aquífero (entre 4 e 12 M), determinada por estudos geofísicos prévios, sugeriu a existência de aquíferos suspensos. O monitoramento consistiu na análise das 28 amostras coletadas durante sete repetições, a partir de seis poços de monitoramento e uma nascente para os seguintes parâmetros: Cl, Mg, K, Na, Ca, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Amônia, Ba, P, Si, F, Mn, Cd, Fe, Ni, Cr, Zn, Ag, Al, Cu, Pb. Concluiu-se que a presença do cemitério contribuiu para o aparecimento de metais (Mn, Cr, Fe, Ag e Al) em níveis acima dos valores máximos permitidos para consumo humano; assim como produtos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia), os índices de contaminação dependeram da direção do fluxo das águas subterrâneas.

THE IMPACT... (1998) questionou a incipiência de estudos sobre o assunto e solicitou mais pesquisas neste sentido.

Braz *et al* (2000) encontraram números elevados de coliformes fecais e totais após estudos geofísicos da área para seleção de seis pontos de coleta, próximos ao Cemitério São José, em Belém-PA, apontando como origens da contaminação a decomposição dos cadáveres, o alto nível do lençol freático, a saponificação dos corpos e a pluviosidade da região. O cemitério São José foi escolhido devido ao nível raso do aquífero freático subjacente, e terreno arenoso. Após sondagem geofísica, foram instalados seis pontos de coleta, apenas um foi construído à montante. Dois se localizavam à jusante e fora do cemitério. Foi constatado maior contaminação no ponto que recebia, de acordo com o escoamento do fluxo das águas subterrâneas, a maior parte da carga poluente gerada pelo cemitério.

Antunes (2001) observou a ocorrência e o transporte de microrganismos no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, inicialmente foram feitos estudos geofísicos para determinação do nível do aquífero freático (entre 4 e 16 M) e instalação de vinte poços de monitoramento. Foram feitas análises microbiológicas de coliformes fecais e totais, bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios, e em caráter inédito, vírus humanos do gênero *Enterovirus*. Os principais parâmetros físico-químicos estudados foram nitrito, nitrato, pH, e metais. A monitoração da qualidade das águas foi realizada para estudar a ocorrência e o transporte de microrganismos e elementos químicos nas águas do aquífero freático devidos à presença do cemitério. Constatou-se alto índice de bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores, enterovírus e adenovírus, as principais fontes de contaminação microbiológica e físico-química são as sepulturas com menos

de um ano, localizadas nas regiões de nível freático pouco profundo do aquífero. Os resultados indicaram haver contaminação, as bactérias foram transportadas por alguns metros e os vírus, algumas dezenas de metros.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Áreas Estudadas**

Foram escolhidos dois cemitérios a partir da litologia, técnica de sepultamento (Fig. 1) e ocorrência ou não de fenômenos transformativos conservadores (Fig. 2 e 3). Existem dois fenômenos transformativos conservadores que contribuem para os efeitos nocivos de cemitérios a saúde pública: saponificação e mumificação.

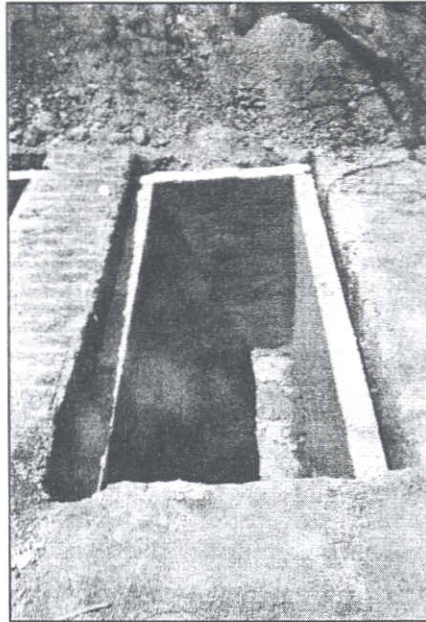


FIGURA 1 – Aspecto das covas do Cemitério da Paz, mostrando fundo não revestido.

• **Cemitério da Paz**

O Cemitério da Paz localiza-se no bairro Caiçara, zona oeste do município de Belo Horizonte-MG.

• **Cemitério da Saudade**

O Cemitério da Saudade localiza-se no Bairro Saudade, zona leste do município de Belo Horizonte-MG.



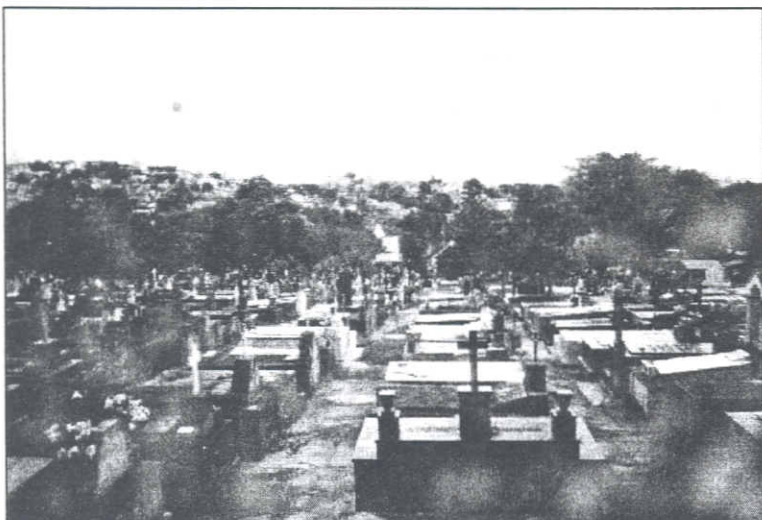


FIGURA 2 – Sistema de gavetários com túmulos de alvenaria às vezes revestidos – Cemitério da Saudade.

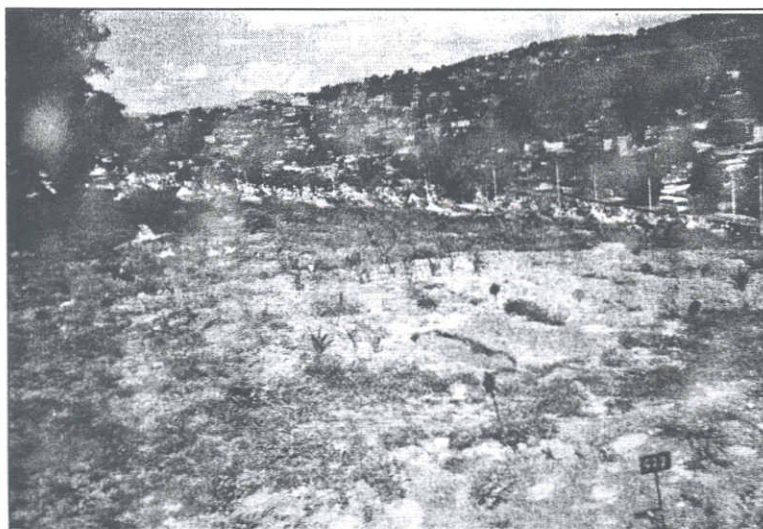


FIGURA 3 – Túmulos cujos caixões são sepultados diretamente no solo – Cemitério da saudade (Quadra das crianças).  
Obs.: Notar a favela em torno do Cemitério.

### 3.2 Contexto geológico

#### 3.2.1 Cemitério da Paz

Geologicamente, o cemitério da Paz foi construído sobre os latossolos areno-argilosos e argilo-arenosos, oriundos da alteração das rochas gnaissicas-magmáticas do Complexo Belo Horizonte. Geomorfologicamente, esse terreno é caracterizado por um relevo de colinas.

Grande parte do cemitério é recoberta por aterro. O solo apresenta uma coloração avermelhada resultante da alteração do embasamento. As partículas são pouco consolidadas, este fato favorece o processo de erosão, uma vez que o impacto das gotas de chuva é capaz de destacar partículas superficiais de solos incoerentes; já o fluxo das águas é capaz de liberar as partículas e removê-las. Liberada a partícula, o transporte vai depender da competência da torrente, relacionada à vazão e à declividade do terreno.

O cemitério apresenta na sua parte nordeste um processo de voçorocamento que pode também ter sido influenciado pela contribuição de águas superficiais. A erosão interna depende da força de percolação de um fluido em movimento num meio poroso.

#### 3.2.2 Cemitério da Saudade

O Cemitério da Saudade está situado geologicamente no pacote de rochas metassedimentares e metavulcânicas associadas em particular a filitos do Grupo Sabará, topo da unidade maior, o Supergrupo Minas, conforme proposta de Renger *et al apud* Silva, 1995. O Grupo Sabará é a unidade mais espessa do Supergrupo Minas em Belo Horizonte, podendo alcançar 3000 metros de espessura. Este grupo é constituído predominantemente de xistos e filitos muito intemperizados.

O filitos é uma rocha xistosa e quando alterada torna-se muito friável. Outra característica desta rocha, que merece destaque, é a sua impermeabilidade. Estas características já são motivos, mais que suficientes para se desaconselhar a instalação de um cemitério no local sem um estudo geológico e hidrogeológico prévio (Fig. 4 e 5). Geomorfologicamente, o cemitério da Saudade está situado sobre uma colina, na parte mais alta do bairro da Saudade, e conseqüentemente um divisor de águas daquela microbacia.



FIGURA 4 – Exposição dos filitos (Gr. Sabará). Ausência de vegetação para controle de erosão. Cemitério da Saudade.



FIGURA 5 – Sulco de erosão e exposição a base da catatumba. Cemitério da Saudade.

### 3.3 Locação dos poços de monitoramento

Os pontos de localização de poços de monitoração usados para coletas foram escolhidos por estudos de geomorfologia e técnicas geofísicas de investigação, como o eletromagnético indutivo (EM). A sondagem elétrica vertical (SEV) teve a finalidade de medir a profundidade do nível do aquífero freático e do embasamento rochoso.

Observando-se os resultados dos estudos de geomorfologia e geofísica, os poços de monitoração foram construídos um a jusante e outro a montante (background) da direção do fluxo das águas subterrâneas.

Nos pontos escolhidos foram instalados poços de PVC de duas polegadas de diâmetro, com 1,00 metro de profundidade preenchido com cimento o espaço anular entre o furo e o tubo. Um selo de bentonita

foi feito após esta cimentação, seguido e preenchido de solo compactado. A parte ranhurada mergulhada no aquífero freático foi envolta com revestimento de pré-filtro, fechada em sua parte inferior com um tampão rosqueável. Foi construída uma proteção de tijolos no poço a jusante do Cemitério da Paz, nos demais foi colocada uma proteção de metal fechada.

Desta forma, foram construídos no Cemitério da Paz dois poços de monitoração, um próximo à avenida Américo Vespúcio (P1), outro próximo à Avenida Carlos Luz (P2), o piezômetro construído à montante do Cemitério da Paz, não apresentou água e foi abandonado. No Cemitério da Saudade, por este cemitério estar sobre uma elevação tipo "meia-laranja", foi construído um piezômetro próximo ao ossoário (P3). No interior deste mesmo cemitério também foi utilizada como ponto de amostragem (P4) uma cisterna.

### 3.4 Coleta das Amostras

Foram coletadas quatro amostras de água em cada um dos quatro poços de monitoramento no período de junho a dezembro de 2004, totalizando 112 amostras, sendo 56 amostras do Cemitério da Paz e 56 amostras do Cemitério da Saudade, destinadas aos seguintes parâmetros: análises de metais, análise de

nitrogênio amoniacal, análises microbiológicas e medição do pH.

As amostras de água foram coletadas em frascos de plástico de um litro estéreis, de acordo com "Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater", 1992, e retiradas com o auxílio de cordas descartáveis e caçamba coletora própria, uma por poço (Fig. 6), com dispositivo corta-gotas, feita de plástico autoclavável, esterilizada previamente antes de cada coleta. Terminada a coleta, as amostras foram imediatamente refrigeradas, cobertas com gelo triturado e acondicionadas em caixas de isopor, ao abrigo da luz.

Após a coleta, as amostras destinadas à análise de nitrogênio amoniacal e metais foram acidificadas no laboratório com 10 mL de  $H_2SO_4$  e 10 mL de  $HNO_3$ , respectivamente, e acondicionadas em geladeira. A digestão das amostras intencionalmente não foi feita, sendo detectado pela espectrofotometria apenas os elementos presentes em estado aquoso.

As amostras destinadas às análises bacteriológicas foram transportadas e semeadas nas primeiras 24 horas após a coleta.

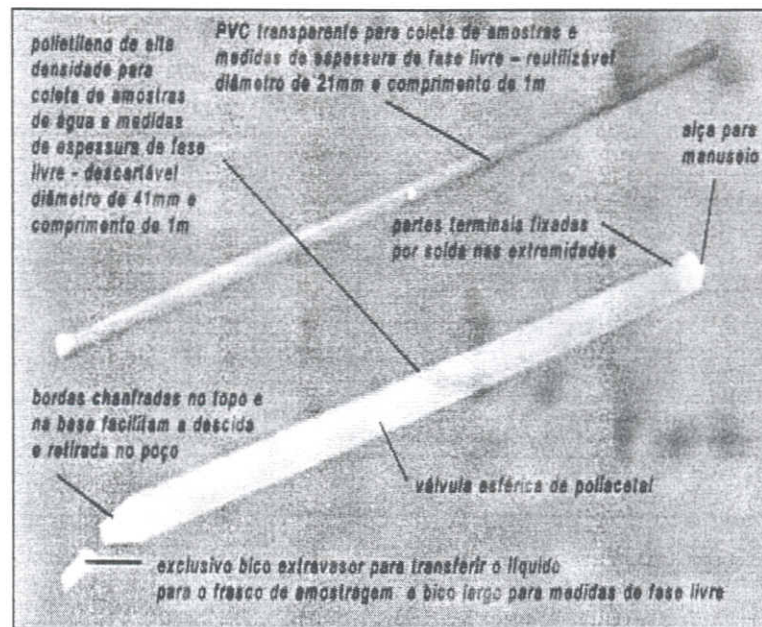
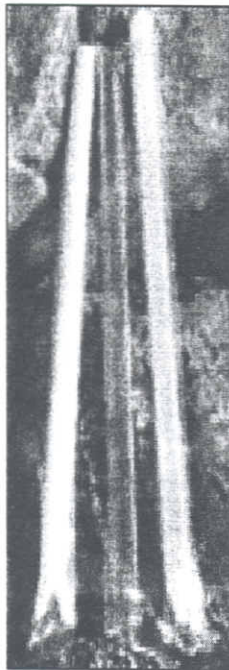


FIGURA 6 – Bailers amostradores de água utilizados

### 3.5 Local das Análises

#### ▪ Análises Microbiológicas

As amostras coletadas foram mantidas sob refrigeração e processadas 24 horas nos Laboratórios de Saneamento e Anaerobiose do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Federal de Minas Gerais (DMVP-UFMG).

#### ▪ Análises Físico-Químicas

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Química da Água e Espectrofotometria Atômica do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA-UFMG) e para o Laboratório Nacional Agropecuário/MG (LANAGRO), em Pedro Leopoldo, Minas Gerais.

### 3.6 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas visaram avaliar a qualidade bacteriológica das águas subterrâneas por bioindicadores de potabilidade.

#### 3.6.1 Coliformes Fecais e Totais

Os coliformes fecais e totais foram analisados utilizando-se a técnica de tubos múltiplos com o objetivo de se obter o número mais provável (NMP/100ml) de microrganismos por 100 mL, conforme descrito em “Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater”, 1992.

### 3.6.2 Clostrídios Sulfito-Redutores

Os clostrídios sulfito-redutores foram detectados por NMP/100ml em três séries de três tubos de tampa rosca, conforme descrito no "Bacteriological Analytical Manual", jan./2001, (Bam, 2001), contendo meio de cultura próprio (DRCM),<sup>1</sup> diluído de acordo com as instruções do fabricante.

### 3.6.3 Enterococcus Fecais

Os enterococcus fecais foram analisadas por número mais provável (NMP/100ml) e técnica de tubos múltiplos conforme descrito no "Standart Methods of Water and Wasterwater", 1992 (Smeww, 1992).

### 3.6.4 Bactérias Proteolíticas

As bactérias proteolíticas foram estudadas por técnica dos tubos múltiplos (NMP/100ml) conforme descrito no "Standart Methods for Examination of Water And Wasterwater", 1992.

## 3.7 Análises Físico-Químicas: Metais, pH e Nitrogênio Amoniacal

### 3.7.1 pH

Até o final da pesquisa o pH foi medido, periodicamente em amostras coletadas exclusivamente para este fim. O pH foi medido imediatamente nas duas primeiras horas após a coleta, em medidor de potenciômetro "Corning 450" no Laboratório de Água-DESA-UFGM.

### 3.7.2 Nitrogênio Amoniacal

A análise de nitrogênio amoniacal, nos dois cemitérios estudados, foi determinado pelo Método do Fenato, com leitura em

<sup>1</sup> *Differential Reinforced Clostridial Broth*, Germany.

espectrofotômetro, conforme "Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater", 1992 (Smeww, Phenate Method-4500-D).

### 3.7.3 Metais

As amostras foram acidificadas imediatamente após a coleta, mantidas refrigeradas e encaminhadas para análise em espectrofotômetro de absorção em chama ar-acetileno para absorção atômica, conforme descrito em "Standart Methods of Water and Wasterwater", 1992 (Smeww, Direct Air-Acetylene Flame Methods, 3111-B).

## 3.8 Análise Estatística

Os dados foram estudados por estatística descritiva.

Os tratamentos constaram de um fatorial 2x2 (dois cemitérios e dois pontos de coleta).

Para as variáveis que não tiveram distribuição normal realizou-se análise não-paramétrica: bactérias proteolíticas, temperatura, Pb, Zn, Cu, Fe, Ca, Mn, Al e N (amoniacal), os quais tiveram suas médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis coliformes fecais, coliformes totais, enterococcus fecais, clostrídios sulfito-redutor, Mg, não tiveram normalidade e/ou homogeneidade de variância e portanto, optou-se por fazer a transformação dos dados através da fórmula log +1, e posteriormente realizou-se análise de variância, tendo suas médias sido comparadas pelo teste t de student, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável pH realizou-se análise de variância e aplicou-se o teste t de student, para comparar suas médias. Todas as análises foram realizadas através do

programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.0 (2004) desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa-MG.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Coliformes Fecais e Totais

Os resultados em NMP/100ml das análises de Coliformes Fecais e Totais são apresentados na tabela 1.

TABELA 1. Resultados obtidos em número mais provável (NMP/100ml) para coliformes nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte entre junho e dezembro de 2004.

COLETA	AMOSTRAS	COLIFORMES		PH	T°C
		Fecais (NMP)	Totais (NMP)		
1 <sup>a</sup>	P1	1,8	22	7,1	16
	P2	0	1,8	5,1	15
	P3	4	6,8	6,5	16
	P4	5,6	11	6,1	16
2 <sup>a</sup>	P1	31	350	6,7	16
	P2	26	2	5,5	16
	P3	2	6,8	6,2	15
	P4	62	2400	6,3	16
3 <sup>a</sup>	P1	56	920	6,7	17
	P2	2400	0	5,0	17
	P3	17	4,5	6,9	15
	P4	6,1	920	5,9	15
4 <sup>a</sup>	P1	280	0	6,9	15
	P2	1600	240	5,2	16
	P3	90	0	6,4	15
	P4	3	0	6,2	16
5 <sup>a</sup>	P1	11	430	6,9	22
	P2	0	21	5,4	23
	P3	1,8	2	6,2	21
	P4	7,8	72	6,2	23
6 <sup>a</sup>	P1	17	39	6,8	22,5
	P2	5,5	9,1	5,1	24
	P3	1,8	1,8	6,2	26
	P4	39	28	6,6	24,5
7 <sup>a</sup>	P1	84	44	6,8	23
	P2	9,2	12	5,1	22
	P3	2	1,8	6,2	17
	P4	54	120	6,3	22

#### Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

Em todos os poços em ambos os cemitérios estudados, o grupo coliforme apresentou-se acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, Portaria n. 1.469 de 29/12/00 (NMP/100mL=0). Foi observado um maior índice de contaminação no ponto P1, à jusante do cemitério da Paz, seguido da cisterna (P4) do Cemitério da Saudade. Os coliformes fecais ou coliformes termotolerantes apresentaram NMP/100mL menores no ponto P3 locado no Cemitério da Saudade (Tab. 1), e nos demais poços dos dois cemitérios as contagens dos dois NMP/100ml foram irregulares (Tab. 1).

Pacheco *et al.* (1991) estudaram a contaminação do aquífero do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, encontrando valores entre 1600 NMP/100mL e 27 NMP/100mL para coliformes totais, e para coliformes fecais valores entre 7 NMP/100mL e 2 NMP/100mL (valores máximo e mínimo). No Cemitério da Saudade em concentrações maiores coliformes fecais (entre 3 e 62 NMP/100mL) e totais (entre 0 a 2400 NMP/100mL) foram vistas apenas na cisterna (P4), local susceptível à outros tipos de contaminação. A manutenção desta cisterna é precária ou inexistente, e não obedece a nenhum critério sanitário. Não existe proteção nem vedação para evitar que águas de chuva e enxurradas arrastem matéria orgânica para seu interior.

Braz *et al* (2000) no cemitério São José (Belém-PA) após sondagem geofísica observaram concentrações de coliformes, encontrados comumente no trato intestinal, concluindo pela indução dos mesmos na água através da decomposição dos corpos.

Estatisticamente, não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de coliformes fecais, houve diferença entre os níveis de coliformes totais. O ponto P1 mostrou-se mais contaminado que P2, P3 e P4; e P4 mostrou-se mais contaminado que P3.

#### 4.2 Bactérias Proteolíticas

Os resultados obtidos nas análises das amostras para detecção de bactérias proteolíticas estão apresentados, em NMP/100ml, na tabela 2:



TABELA 2. Resultados obtidos em número mais provável (NMP/ 100ml) para Bactérias Proteolíticas nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004

COLETA	AMOSTRAS	BACTÉRIAS PROTEOLÍTICAS (NMP)
1 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	2800
	P3	>16000
	P4	16000
2 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	3500
	P3	>16000
	P4	9000
3 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	16000
	P3	>16000
	P4	9000
4 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	>16000
	P3	>16000
	P4	1600
5 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	>16000
	P3	>16000
	P4	>16000
6 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	>16000
	P3	16000
	P4	5000
7 <sup>a</sup>	P1	>16000
	P2	>16000
	P3	3500
	P4	1700

Legenda

NMP= número mais provável

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

As bactérias proteolíticas, indicadoras de contaminação recente, apresentaram valores que na grande maioria dos poços e amostras foram superiores a 16.000 como pode ser visto na tabela 2. Antunes (2001) observou um alto índice de bactérias proteolíticas em amostras coletadas no Cemitério de Vila Cachoeirinha, chamando a atenção para o risco de extravasamento para a superfície (durante os períodos pluviosos). Uma amostra de necrochorume extravasado de uma sepultura como consequência da inundação da mesma foi analisada, verificando-se a presença de bactérias proteolíticas. Situação análoga pode facilmente ocorrer no Cemitério da Paz, onde é comum ocorrer a presença de olhos d'água, o que acarreta acúmulo de água nas covas. Esta água é drenada com bombas e lançadas a céu aberto. O cemitério da Paz apresentou níveis altos, em ambos os poços, para a análise de bactérias proteolíticas. Antunes (2001) constatou números maiores ou iguais a 16000 NMP/100mL em um dos piezômetros (P7) localizados no cemitério Vila Nova Cachoeirinha (SP), ocorrendo índices menores em outros piezômetros.

Os índices de bactérias proteolíticas encontrados nas amostras do Cemitério da Saudade (entre 2800 e >16000 NMP/100mL), apesar de inferiores aos índices encontrados no Cemitério da Paz (entre 5000 e >16000 NMP/100mL), evidenciam a ocorrência de contaminação recente, em ambos os pontos de coleta. Pacheco *et al* (1991) utilizando a mesma metodologia encontraram valores entre 9000 NMP/100mL e 220 NMP/100mL. Os níveis de bactérias proteolíticas detectados em ambos os cemitérios, Paz e Saudade, evidenciam a ocorrência de contaminação recente.

Estatisticamente, há uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os pontos P1 e P4, P1 apresentou-se mais contaminado que P4.

### 4.3 Clostrídios Sulfito-Redutores (CSR)

Os resultados das análises de clostrídios sulfito-redutores estão apresentados em NMP/100ml na tabela. 3:

TABELA 3. Número mais provável de Clostrídios Sulfito-Redutores em NMP/100ml das amostras de águas subterrâneas coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004

COLETA	AMOSTRAS	CLOSTRÍDIO SULFITO-REDUTOR (NMP)
1ª	P1	>1100
	P2	<3
	P3	3.6
	P4	93
2ª	P1	>1100
	P2	93
	P3	3.6
	P4	150
3ª	P1	>1100
	P2	<3
	P3	<3
	P4	43
4ª	P1	>1100
	P2	15
	P3	<3
	P4	3.6
5ª	P1	290
	P2	460
	P3	3.6
	P4	20
6ª	P1	>1100
	P2	>1100
	P3	<3
	P4	43
7ª	P1	>1100
	P2	15
	P3	<3
	P4	3.6

#### Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

No piezômetro P1 à jusante do Cemitério da Paz a presença de clostrídios sulfito-redutores (CSR) foi alta durante quase todas as coletas, assim como a de outros indicadores microbiológicos (Tab 3).

No poço P2 também foram encontrados sinais de contaminação, contudo, este poço no mesmo cemitério apresentou índices menores de contaminação. O tratamento estatístico revelou haver diferença significativa entre P1 (Paz) e P3 (Saúde).

O Cemitério da Saúde apresentou valores bem menores no número de clostrídios sulfito-redutores em suas amostras, os maiores índices foram encontrados nas amostras oriundas da cisterna do cemitério, entre 3,5 e 150 NMP/100mL. (Tab. 3). Os clostrídios sulfito-redutores são microrganismos capazes de esporular. Estas formas de resistência sobrevivem longamente a condições ambientais desfavoráveis, sendo por isso considerados indicadores de contaminação remota (Martins *et al.* 1991). Antunes (2001) encontrou números de clostrídios sulfito-redutores em pontos de coleta onde não se encontravam bactérias proteolíticas.

Os resultados da contagem do NMP/100mL mostraram uma diferença estatística ( $p < 0,05$ ) indicando o poço P4 mais contaminado que o P3 e o poço P1 só menos contaminado do que o poço P4, estando de acordo com a direção do fluxo das águas subterrâneas. P1 se encontra à jusante do Cemitério da Paz. O histórico de saponificação neste cemitério é amplo, o retardo da decomposição transforma o cadáver numa fonte de microrganismos patogênicos, além de dificultar a reutilização das covas (Pacheco *et al.*, 1991) e do poço P4, no Cemitério da Saúde.

#### 4.4 Enterococcus Fecais

Os resultados das análises de enterococcus fecais feitos nas amostras de águas subterrâneas estão dispostos em NMP/100ml na tabela 4 a seguir:

TABELA 4. Número mais provável (NMP/100ml) para Enterococcus Fecais nas amostras de águas subterrâneas coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saúde – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004

COLETA	AMOSTRAS	ENTEROCOCCUS FECAIS (NMP)
1ª	P1	2400
	P2	23
	P3	49
	P4	540
2ª	P1	920
	P2	0
	P3	2
	P4	240
3ª	P1	27
	P2	27
	P3	0
	P4	2
4ª	P1	240
	P2	8
	P3	4
	P4	0
5ª	P1	79
	P2	350
	P3	0
	P4	14
6ª	P1	430
	P2	22
	P3	17
	P4	350
7ª	P1	2400
	P2	6,8
	P3	1,8
	P4	920

#### Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saúde

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saúde

Os enterococcus fecais apresentaram níveis mais altos em P1 e P4 nas avaliações próximas das estações chuvosas (Tab. 4), provavelmente ocorre um maior carregamento em P1. Em P4 certamente ocorreu uma contaminação ocasionada por águas da chuva que escoaram para o interior da cisterna. Não há citação nas portarias consultadas, que regulamentam critérios de potabilidade, um valor limite de enterococcus para águas potáveis, contudo, os números de enterococcus fecais foram relativamente baixos, o que descarta a possibilidade de uma outra fonte de contaminação que não o cemitério, no caso de P1.

Ambos os cemitérios, Paz e Saudade, estão localizados em áreas de grande aglomeração humana de baixo nível sócio-econômico. Logo, existe um alto risco à saúde da população que fizer uso dessas águas subterrâneas por meio de nascentes, poços tubulares e poços rasos. Pacheco (1991) e Antunes (2001) citam os problemas causados à população pela aglomeração urbana no entorno de cemitérios, áreas normalmente ocupadas por população de baixa renda.

#### **4.5 Parâmetros Físico-Químicos**

##### ***4.5.1 Nitrogênio Amoniacal***

Os resultados obtidos para as análises de medição de nitrogênio amoniacal estão apresentados na tabela 5.

TABELA 5. Nitrogênio Amoniacal em mg/ml nas amostras de água subterrânea coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Junho a dezembro de 2004

COLETA	AMOSTRAS	NITROGÊNIO AMONIACAL	pH	T°C
1 <sup>a</sup>	P1	1,5	7,1	16
	P2	0,02	5,1	15
	P3	<0,01	7,1	16
	P4	<0,01	5,1	15
2 <sup>a</sup>	P1	1,1	6,7	16
	P2	<0,01	5,5	16
	P3	<0,01	6,7	16
	P4	<0,01	5,5	16
3 <sup>a</sup>	P1	6,43	6,7	17
	P2	7,33	5,0	17,0
	P3	12,0	6,7	17
	P4	3,92	5,0	17,0
4 <sup>a</sup>	P1	8,2	6,9	15
	P2	<0,01	5,2	16
	P3	<0,01	6,9	15
	P4	<0,01	5,2	16
5 <sup>a</sup>	P1	7,39	6,9	22
	P2	0,31	5,4	23
	P3	0,1	6,9	22
	P4	0,06	5,4	23
6 <sup>a</sup>	P1	7,39	6,8	22,5
	P2	0,32	5,1	24
	P3	0,23	6,8	22,5
	P4	0,16	5,1	24
7 <sup>a</sup>	P1	7,12	6,8	23
	P2	0,06	5,1	22
	P3	0,17	6,8	23
	P4	0,02	5,1	22

Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

O Cemitério da Paz teve uma maior repetição de índices de concentração de amônia acima de valores toleráveis, no piezômetro P1 construído à jusante, e valores notavelmente menores em P2 (Tab. 5). Concluiu-se que o índice de nitrogênio amoniacal (a Deliberação Normativa nº 10 da Comissão de Política Ambiental-DN-COPAM, de 16/12/86, estabelece valor máximo permitido  $< 1,0\text{mg/L}$  para águas de classe 2) detectado neste piezômetro, estaria se originando, direta ou indiretamente, da decomposição dos cadáveres. A resolução nº 12 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos-CNNPA, de 1978, estabelece  $0,05\text{mg/L}$  de nitrogênio amoniacal como valor máximo permitido.

Grande parte dos compostos orgânicos nitrogenados é oriunda da degradação de proteínas. A hidrólise de proteínas produz aminoácidos que em condições anaeróbias liberam, dentre outros produtos, alguns compostos malcheirosos, como sulfeto de hidrogênio, aminas e amônia gasosa.

Outros produtos oriundos da degradação de aminoácidos são os ácidos orgânicos, álcoois, dióxido de carbono e metano. Não foi citado em nenhum dos cemitérios estudados a ocorrência de fogo-fátuo (O fogo-fátuo, reação da fosfina com o oxigênio atmosférico, na forma de um flash luminoso, só é visível durante a noite).

O cemitério da Saudade apresentou, nos dois pontos de coleta, P3 e P4, uma repetição de níveis semelhantes (entre  $< 0,01$  e  $0,16\text{mg/mL}$ ), e abaixo do VMP de nitrogênio amoniacal, salvo exceção vista na terceira amostragem ( $3,92\text{ mg/L}$ ). Deve-se considerar que, de acordo com Migliorini (1991), a maior parte da amônia provém de corpos sepultados recentemente. No estudo desenvolvido no Cemitério de Vila Formosa (SP) foram encontrados, no mesmo piezômetro, uma variação de

valores não detectáveis até  $98\text{mg/L}$  (Migliorini *et al.*, 1991).

Estatisticamente há diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em P1 que apresentou maiores índices de contaminação que P4. Estes resultados estão de acordo com o fluxo de águas subterrâneas, que indicavam uma maior contaminação em P1, à jusante do Cemitério da Paz. O Cemitério da Paz localiza-se em terrenos argilosos e têm aquífero pouco profundo, favorecendo a contaminação.

#### 4.5.2 pH

O pH apresentou valores que oscilaram entre 5 e 7, em todas as repetições e em todos os pontos de coleta. A CNNPA n. 12 de 1978 estabelece a faixa de pH entre 5 e 9 como aceitável dentro dos parâmetros de potabilidade, para consumo humano.

Estatisticamente, houve maior diferença em P1 em relação à P3, e em P2 em relação à P4, P1 em relação à P2 e P4 em relação à P3.

#### 4.5.3 Metais

Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 6.

TABELA 6. Resultados obtidos em mg/L para metais nas amostras de água subterrâneas coletadas no Cemitério da Paz e no Cemitério da Saudade – Belo Horizonte – Janeiro a dezembro de 2004

(Continua)

METAIS	1ª avaliação				2ª avaliação				3ª avaliação				4ª avaliação			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Chumbo (Pb)	<0,02	<0,24	<0,02	<0,02	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,22	<0,2	<0,2
Zinco (Zn)	0,4	0,6	0,3	0,7	0,06	0,08	0,03	0,08	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,08
Cobre (Cu)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio (Cd)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ferro (Fe)	24,7	0,62	0,40	0,30	33,0	9,50	0,30	0,12	9,73	85,87	0,17	0,22	117,01	42,76	0,20	0,15
Cálcio (Ca)	72,0	3,40	7,16	6,40	89	7,22	8,82	10,40	55,5	3,66	6,41	9,04	51,30	1,4	7,22	9,62
Cromo (Cr)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel (Ni)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Manganês (Mn)	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	<0,05	<0,05	<0,05
Magnésio (Mg)	101,0	9,9	2,7	3,72	7,33	1,72	3,00	3,52	7,47	0,58	12,4	3,57	6,43	7,33	12,0	3,92
Alumínio (Al)	72,0	3,72	<0,10	<0,10	115,3	30,62	<0,10	<0,10	1,66	117,3	<0,10	<0,10	97,38	66,29	<0,10	<0,10

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Americo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Osoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

(Conclusão)

METAIS	5ª avaliação				6ª avaliação				7ª avaliação			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
	Chumbo (Pb)	0,03	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Zinco (Zn)	0,01	0,04	<0,01	0,11	0,04	0,1	0,03	0,1	<0,01	0,03	<0,03	0,09
Cobre (Cu)	<0,2	<0,02	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cádmio (Cd)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ferro (Fe)	12,15	0,17	0,07	0,22	27,1	2,72	<0,5	<0,5	15,52	0,33	1,11	0,4
Cálcio (Ca)	70	1,4	5,16	7,73	74,99	3,707	7,436	10,04	67,6	2,331	6,196	7,56
Cromo (Cr)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel (Ni)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês (Mn)	0,23	<0,05	<0,05	<0,05	0,25	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	<0,05	<0,05
Magnésio (Mg)	100,5	7,50	119,0	29,0	4,77	0,57	14,95	3,76	8,36	0,55	12,85	3,56
Alumínio (Al)	78,12	52	<0,10	<0,10	3,67	3,6	1,38	<0,1	7,62	1,69	<0,1	<0,1

## Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespuccio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Sistema próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade



• *Fe*

Os níveis de ferro foram maiores em P1 (Paz), com valores máximo de 38.0 mg/L e mínimo de 0.3mg/L, em P2 e em ambos pontos de coleta do Cemitério da Saudade, os níveis apresentados foram menores. Nenhuma repetição esteve abaixo do limite de detecção. Provavelmente os valores se originaram de pregos e de outras peças (podendo ter havido contribuição do solo). Contudo, a presença de ferro é comum nos latossolos de Belo Horizonte (Silva *et al.*, 1995) (VMP=0,3 mg/L).

Estatisticamente, as amostras de água subterrânea coletadas no poço P1 apresentaram índices de contaminação por ferro maiores que P3 e P4.

• *Mn*

Os níveis de manganês foram detectados em quantidades perceptíveis apenas no poço P1, com valores que oscilaram entre 0,18 mg/L e 0,29 mg/L. Nos demais poços de coleta, não foram vistos valores maiores que os mínimos perceptíveis (VMP= 0,1 mg/L).

Estatisticamente, não houve diferença entre os níveis de manganês ( $p > 0,05$ ) detectado nas amostras de águas subterrâneas coletadas nos diferentes poços de monitoramento.

• *Pb*

O chumbo foi detectado apenas no Cemitério da Paz, no poço P2, localizado próximo às quadras que atendem às classes de maior poder aquisitivo. (VMP=0.01mg/L)

É comum a presença de sais de chumbo em tintas e vernizes para dar brilho, o que explicaria a reincidência dos índices deste metal nos resultados das análises.

Estatisticamente, não houve diferença entre os níveis de chumbo ( $p > 0,05$ ) detectado nas amostras de águas subterrâneas coletadas nos diferentes poços de monitoramento.

• *Al*

O alumínio detectado no piezômetro P1 concentrações variando de 0.01mg/L a 117.3 mg/L sendo o VMP de 0,2mg/L, e no piezômetro P2 as concentrações variaram de 1,69mg/L a 52,0 mg/L. No cemitério da Saudade, apenas em P3 foi observado um único resultado significativo, em uma ocasião.

O alumínio é usado em alças, crucifixos jacentes, tramelas de visor, todos com textura, dureza e aspecto metálico; sendo pintados para igualar-se esteticamente a peças de bronze, agregando valor ao produto no momento de venda. Deve-se considerar que o contexto geológico do cemitério da Paz, rico em argilas e aluminossilicatos, já previa a possibilidade da presença de alumínio na análise das amostras (VMP=0,2 mg/L).

Estatisticamente, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os índices de alumínio detectados nas amostras de água subterrânea coletadas nos diferentes poços de monitoramento.

• *Zn*

Quanto ao zinco não foi constatada nenhuma concentração acima do valor máximo permitido em nenhum dos dois cemitérios. Houve pouca diferença entre os níveis de zinco (VMP=5,0 mg/L) nos dois pontos de coleta do cemitério da Paz, com concentrações entre 0,04 mg/L a menores que 0,02mg/L. O cemitério da Saudade também apresentou índices de zinco, porém mais altos em P4, entre 0,11mg/L e 0,02mg/L. (VMP=5,0 mg/L). O uso de zinco para fins funerários é comum.

Caixões à prova de vazamento são vedados internamente com zinco. A utilização deste tipo de ataúde é obrigatória quando há necessidade de viajar com o corpo para o local onde se dará efetivamente o enterro. Normalmente em sepulturas particulares, os ossos dos familiares ou quaisquer beneficiados, por concessão familiar, inumados há mais tempo, são guardados em caixas feitas de zinco, acomodadas na própria sepultura. O cemitério da Paz não oferece nichos como opção. Esperava-se, portanto, níveis significativos em P2 (Paz), próximo às quadras de maior poder aquisitivo.

Estatisticamente, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os índices de zinco detectados nas amostras de água subterrânea coletadas nos diferentes poços de monitoramento.

#### • Ca

Nos resultados obtidos no Cemitério da Paz, o cálcio apresentou índices elevados, entre 89,0 mg/L e 51,30 mg/L em P1, provavelmente originado de descalcificação dos ossos e de materiais utilizados na alvenaria dos túmulos. No cemitério da Saudade, o poço P3 foi construído intencionalmente próximo ao ossoário, contudo, os níveis de cálcio não apresentaram altas concentrações como no Cemitério da Paz. Existe uma clara diferença, no cemitério da Paz, entre os níveis de cálcio nos dois pontos de coleta (tabela 6), provavelmente o cálcio neste caso se origina da alvenaria dos túmulos. Os índices de cálcio no cemitério da Saudade apresentaram um máximo de 8,82mg/L e um mínimo de 5,16mg/L em P3 e 10,04mg/L e 6,40mg/L em P4.

Estatisticamente, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os índices de cálcio detectados nas amostras de água subterrânea coletadas nos diferentes poços de monitoramento.

Quanto à presença de metais, (Zn, Mg, Al, Fe, Pb, Ca) seria aceitável que estes estariam se despreendendo das urnas e caixões, onde estão presentes como componentes de tintas, vernizes, alças, frisos, pregos e outras partes. O chumbo (Pb) tem importante significado sanitário, sua intoxicação pode produzir demência (Saturnismo). Migliorini *et al* (1991) concluiu, ao analisar águas subterrâneas do Cemitério de Vila Formosa (SP), que a origem mais provável dos metais seria os materiais utilizados em tintas e vernizes. As referências usadas como valores máximos permitidos em mg/L (VMP) foram adotados a partir do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 1469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, aqueles que não possuem valor máximo permitido (VMP) mencionados abaixo, não são citados na Portaria 1469. Os valores obtidos para análise de metais estão dispostos na tabela 6, expressos em ml/L.

A dureza da água é alterada por íons multimetálicos em solução, normalmente cálcio. A presença de cálcio em índices elevados na água causa sabor desagradável, podendo causar efeitos laxativos. Também reduz a formação de espuma, por conseqüente ocasiona um maior consumo de saponáceos. Não há registros, na bibliografia consultada, de problemas sanitários causados por excesso de cálcio em águas destinadas para consumo.

O ferro e o manganês apresentam pouco significado sanitário, podendo em algumas concentrações causar alterações de sabor e odor, além de manchar roupas. (Sperling, 1990)

## 5 CONCLUSÃO

Ambos os cemitérios estão contaminando o aquífero, em proporções diferenciadas, houve contaminação do aquífero freático, subjacente aos cemitérios estudados, por microrganismos e por metais.

comprometendo a qualidade bacteriológica e físico-química das águas subterrâneas.

Foi constatado haver uma relação entre o nível de contaminação e a profundidade do aquífero freático, onde a maior profundidade implica em uma menor contaminação.

O Cemitério da Paz construído em 1967 e o da Saudade, em 1942, foram construídos antes da existência de normas para instalação de cemitérios, devendo, portanto, adotar medidas de adequabilidade às portarias que regulamentam cemitérios no município de Belo Horizonte.

## 6 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANTUNES, B. M. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, no município de São Paulo*. 2001. n. folhas. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. Universidade de São Paulo. São Paulo.

ÁRIES, P. *O homem perante a morte*. Lisboa: Europa América. 1977. 2v.

BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL – BAM. jan. 2001. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html>.

BAYARD, J.P. *Le sens caché des rites mortuaires*. France: Dangle, 1993. 330 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n 1.469, de 29 de dezembro de 2000. *Diário Oficial da União*. Brasília 2 de janeiro de 2001, seção. página.

BRAZ, V.; BECKMANN, L.; COSTA E SILVA; L. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios.

In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER. 1., 2000. Cidade realização. *Anais...* Cidade de publicação: Editora, ano. Página inicial e final.

BRAZ, V.N., MENEZES, L.B. Avaliação da qualidade bacteriológica da água de abastecimento de Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., 1989. Cidade realização. *Anais...* Rio de Janeiro: Abes, 1989. Página inicial e final.

BRITTO, E.R. *Os coliformes, esses desconhecidos*. Rio de Janeiro: Engenharia Sanitária, 1977. número de páginas.

CERQUEIRA, D. A. *Associação das ocorrências de coliformes a parâmetros do controle da qualidade da água distribuída em Belo Horizonte- MG*. Belo Horizonte: ICB-UFMG Departamento de Microbiologia. 1996. número de páginas.

COMISSÃO DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa COPAM n. 10, de 16/12/86. *Minas Gerais*. Diário Executivo, 10 jan. 1987.

DELMONTE, C. *Putrefação e suas conseqüências para o meio ambiente*. In: Primeiro Seminário Nacional Cemitério e Meio Ambiente. Título da publicação. São Paulo: editora, jun. 1995. Página inicial e final.

MARINHO, A. M. C. P. *Contaminação de aquíferos por instalações de cemitérios. estudo de caso do cemitério São João Batista, Fortaleza*. 1998. n. folhas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Ceará.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. *Revista Saúde Pública*, v. 25, n. 1, p. 47-52, 1991.

- MATOS, B.A.; PACHECO, A.; RODRIGUES, D.F. et al. Transporte de microrganismos no aquífero freático em cemitérios: estudos em escalas de campo e de laboratório. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 4., Coimbra, Portugal. Título da publicação. Local da publicação: editora, ano, p. inicial e final.
- MIGLIORINI, R. B.; KIMMELMANN, A. A.; PACHECO, A. *Estudo físico-químico e químico das águas subterrâneas do cemitério Vila Formosa*. São Paulo-SP: editora, 1991. n. páginas.
- MIGLIORINI, R.B. *Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos: estudo do cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo*. 1994. n. folhas. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MIOTTO, S.L. *Aspectos geológicos-geotônicos da determinação da adequabilidade de áreas parra implantação de cemitérios*. 1990. n. folhas. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- OTTMAN, F. *Créer ou aménager un cimetière*. Paris: Monitier, 1987. 161p.
- PACHECO, A. Os novos fantasmas das cidades grandes. *Ciência Hoje*, v. 25, n. 150. Página inicial e final.
- PACHECO, A.; MENDES, J.M.B.; MARTINS, T.; et al. Cemeteries. A Potential Risk to Groundwater. *Wat. Sci.Tech.*, v. 24, n. 11, p. 97-104, 1991.
- PACHECO, A.; TORRES, S. L. Cemitérios e meio ambiente: riscos e medidas de proteção. In: Anais do 4º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente. n. ano, local de realização.
- Título da publicação. *ICHS/UFMT*. Cuiabá: Editora. 1993. Página inicial e final.
- POUNDER, D. J. *Posmortem changes and time of death*. 1995. Disponível em: <<http://www.Dundee.ac.uk.forensicmedicine/llb/timeddeath.htm>>
- SILVA, A. B.; CARVALHO, E. T.; FANTINEL, L. M. et al. *Estudos geológicos hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: FUNDEP/UFMG/IGC, 1995. 150 p. (Relatório final)
- SILVA, L. M. Os cemitérios na problemática ambiental. In: Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”. n. ano, local de realização. Título da publicação. *SINCESP/ACEMBRA*. São Paulo: editora, data, jun. 1995. Página inicial e final.
- SILVA, M.L. Degradação ambiental causada por cemitérios. In: I CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL. n. ano, local de realização. Título da publicação cidade: Editora. UFJF, MG. 1993. Página inicial e final.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas, versão 9.0, Viçosa-MG: UFV, 2004.
- SPERLING, M. von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1991. n. página.
- STANDART methods for the examination of water and wasterwater. 18 ed. New York: American Public Health Association 1992, n. páginas.

THE IMPACT of cemeteries on the environment and public health. An introductory briefing. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe. 1998. 11 p. (Rept. EUR/ICP/EHNA 01 04 01 (A)).

ANEXOS



FIGURA 7 – Voçorocamento – Cemitério da Paz. 2000. (Notar o afloramento do lençol freático)

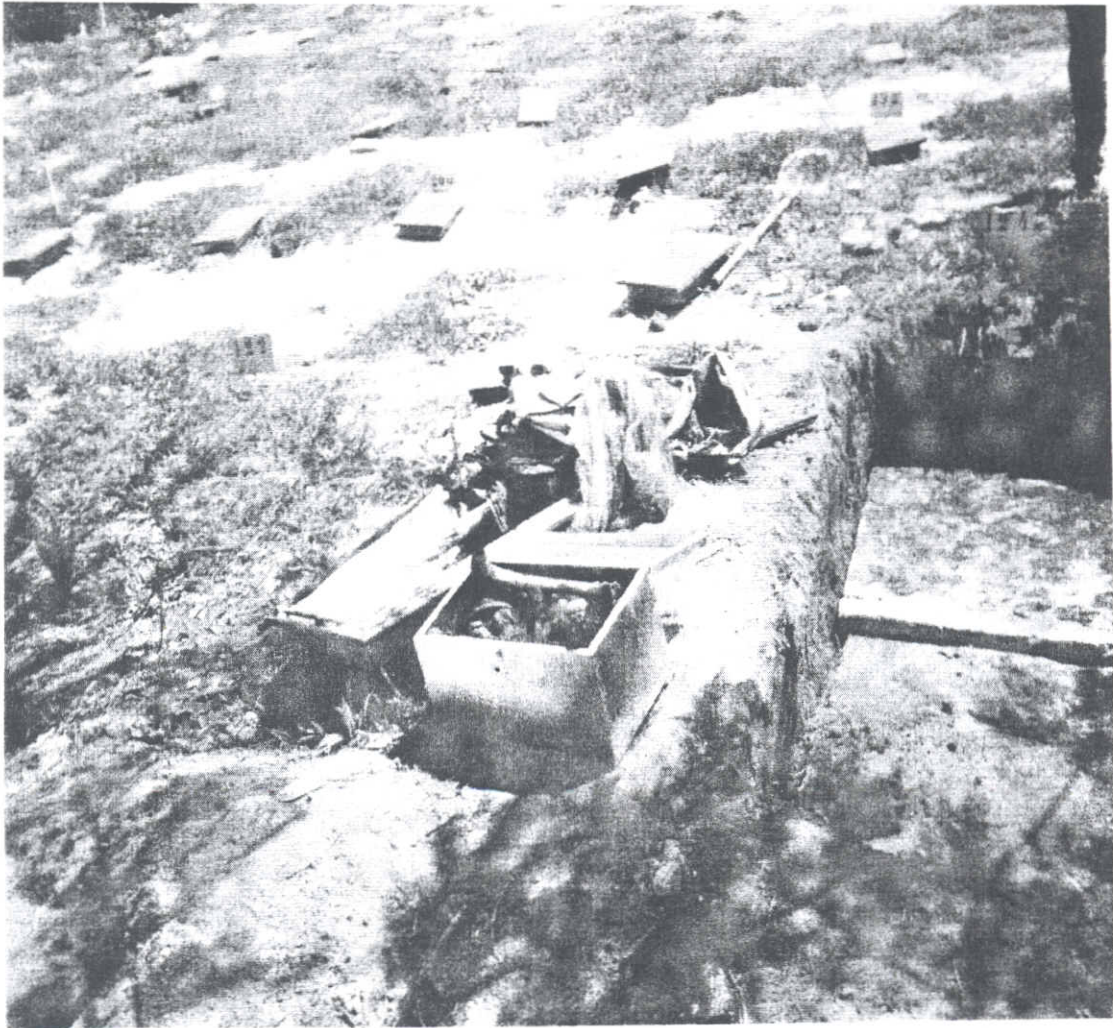


FIGURA 8 – Exumação – Cemitério da Paz. 1999.

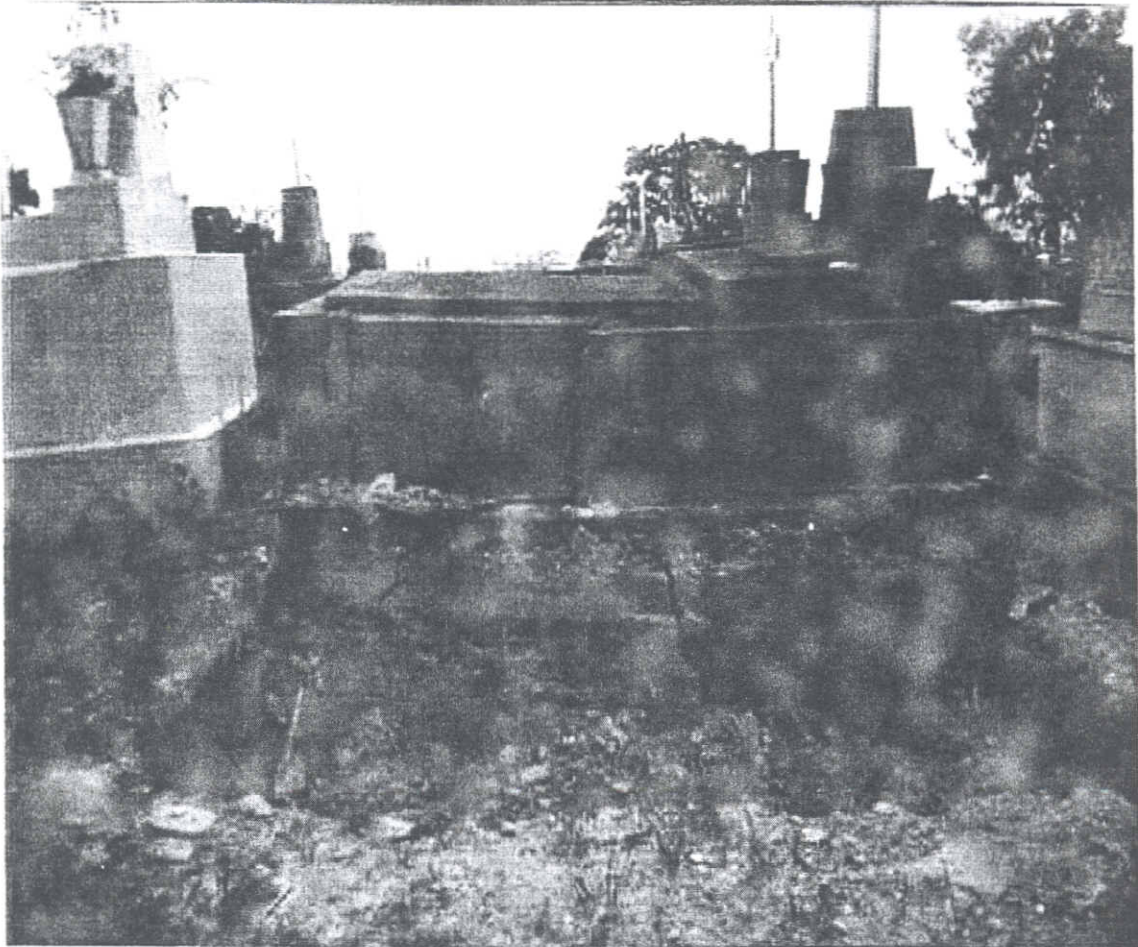


FIGURA 9 – Abatimento de túmulo – Cemitério da Saudade. 1999. (Notar a topografia do terreno).



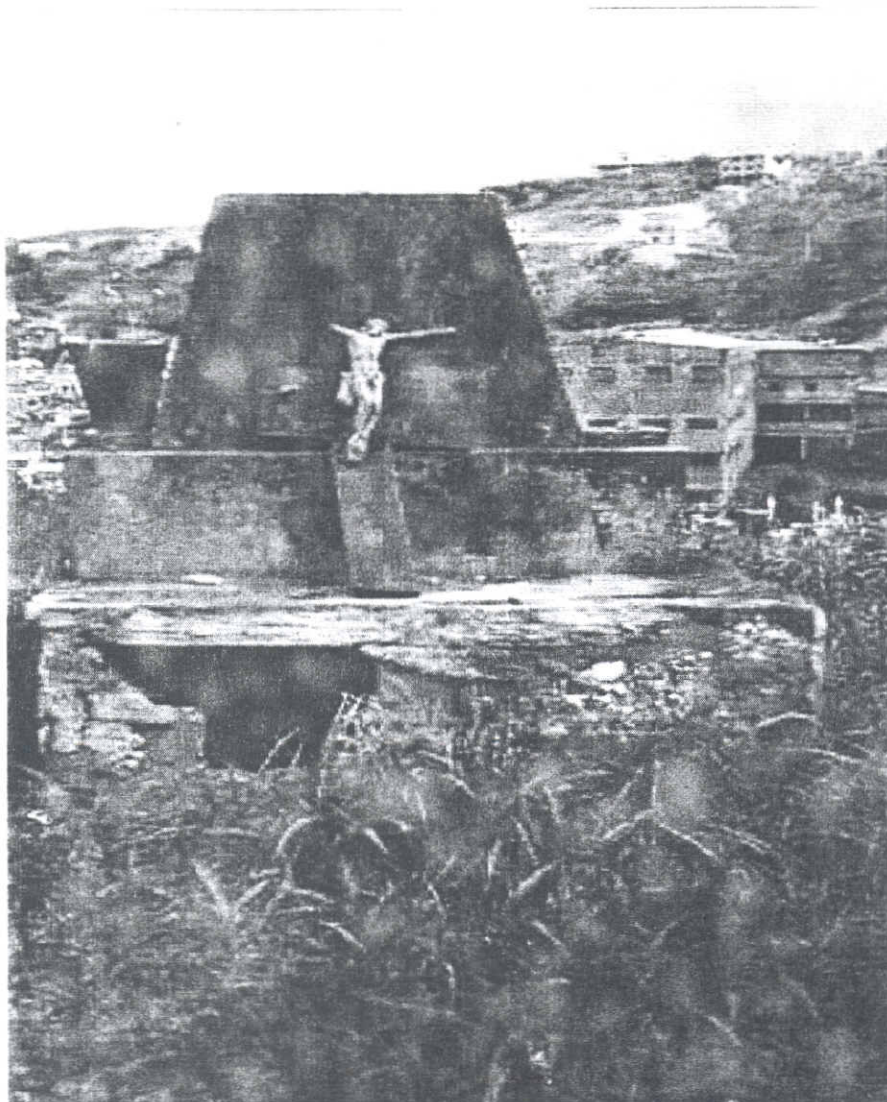


FIGURA 10 – Túmulo em ruínas – Cemitério da Saudade. 1999. (Notar a falta de capina e a favela no entorno do cemitério).



FIGURA 11 – Aspecto de cova rasa na Quadra das Crianças – Cemitério da Saudade. 1999.

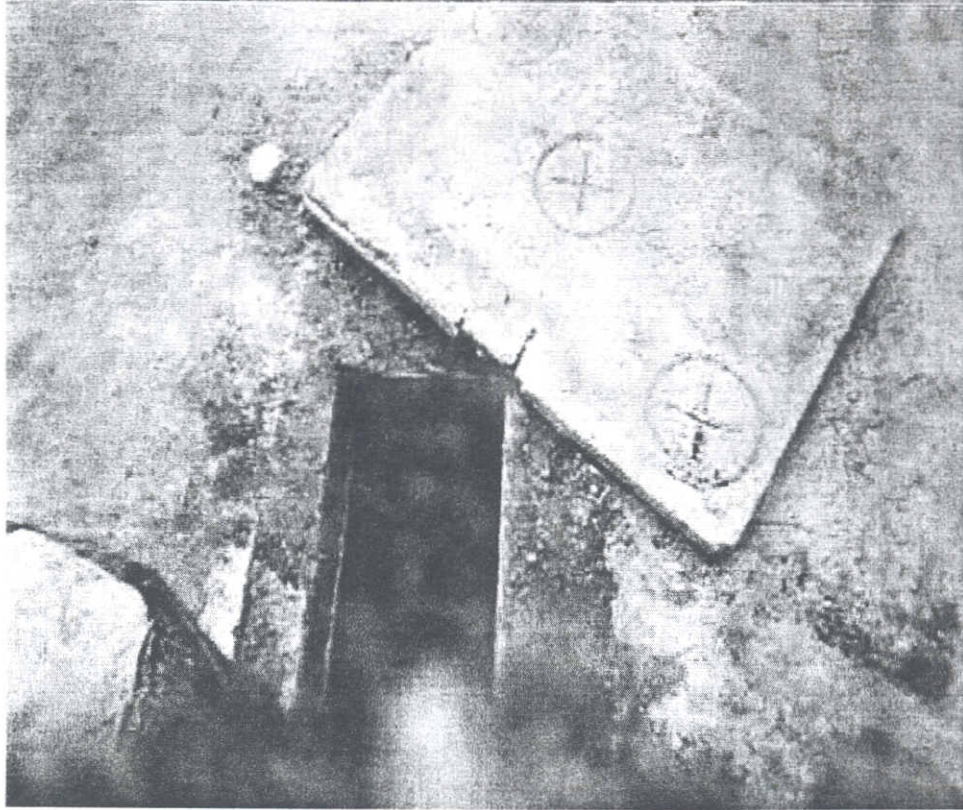


FIGURA 12 – Ossoário – Cemitério da Saudade. 1999. (Notar a ausência de proteção contra águas de chuvas).

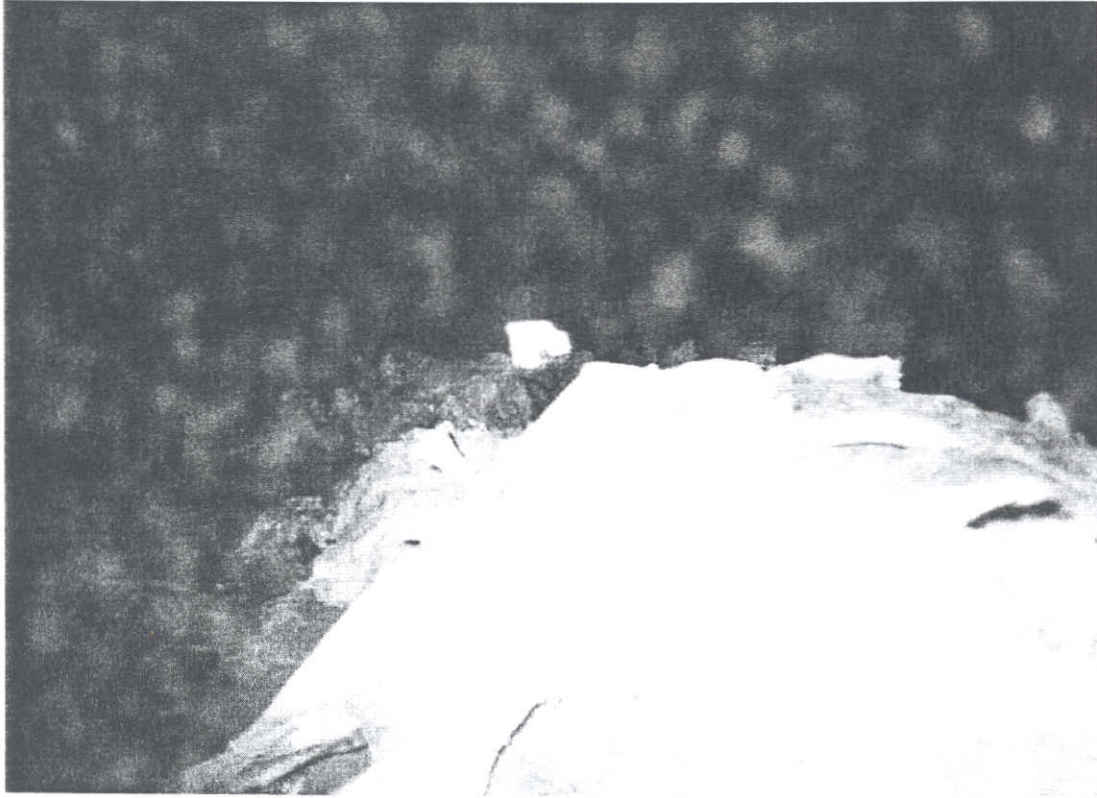


FIGURA 13– Vista interna do Ossoário – Cemitério da Saudade. 1999. (Observar que o Ossoário também é usado para descarte de lixo e outros refugos).



FIGURA 14 – Piezômetro ou Poço de Observação (P2). Cemitério da Paz. 2004.

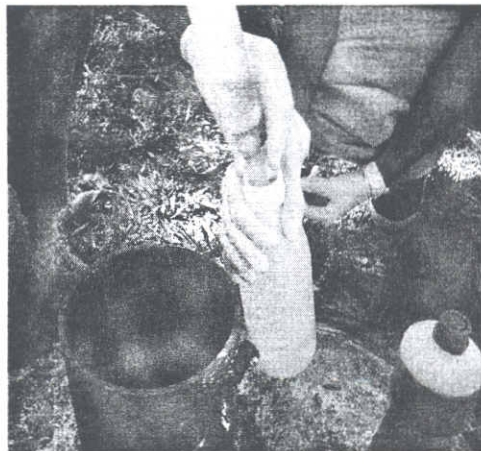
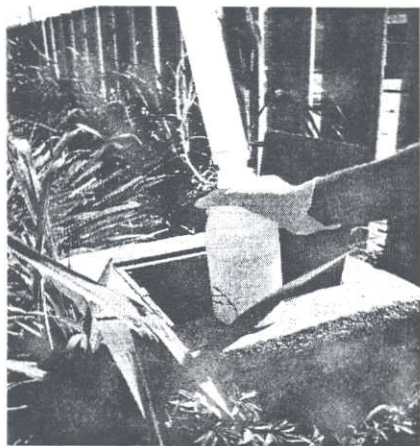
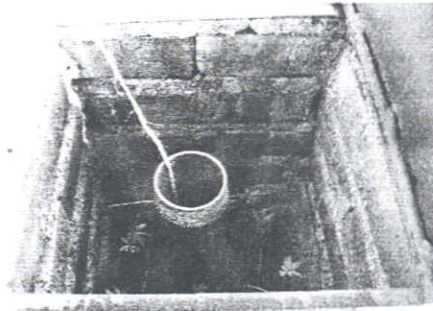
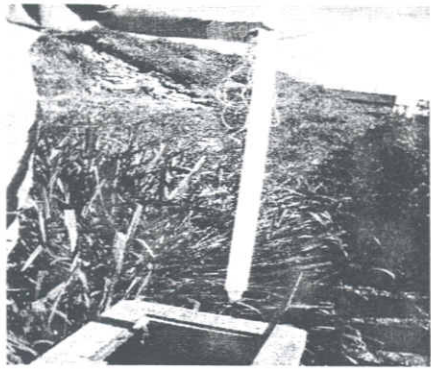


FIGURA 15 – Aspecto de uma seqüência de coleta de uma amostra. Cemitério da Paz. 2005.

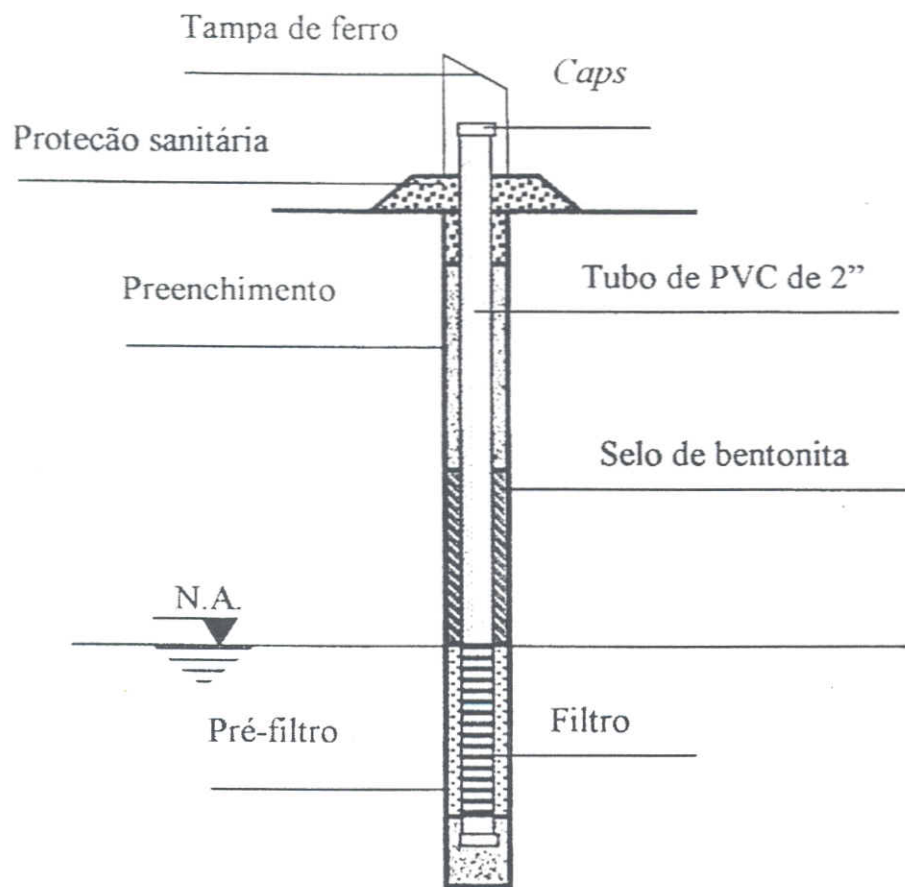


FIGURA 16 – Esquema construtivo dos poços de monitoramento.  
Fonte: ANTUNES, 2001, p. 47.

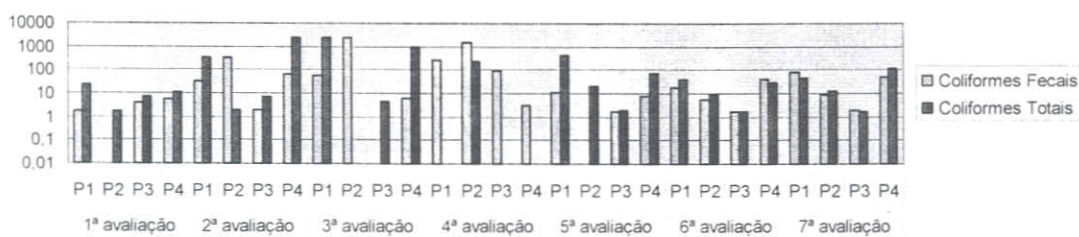


GRÁFICO 1 – Resultados obtidos para coliformes nas amostras de água do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

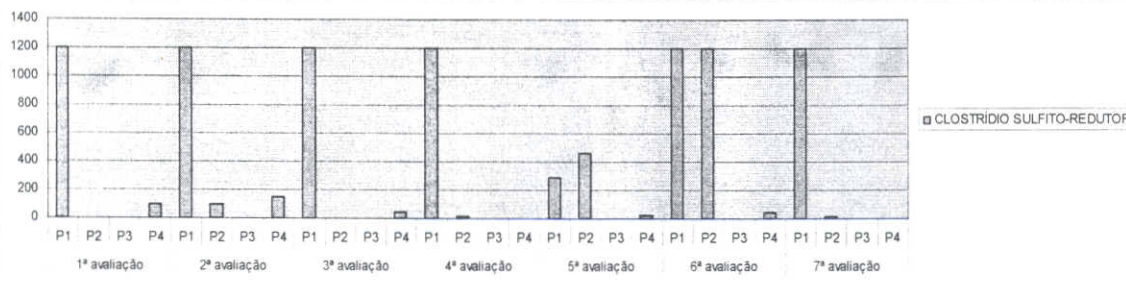


GRÁFICO 2 – Resultados obtidos para clostrídios sulfito-redutores do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade



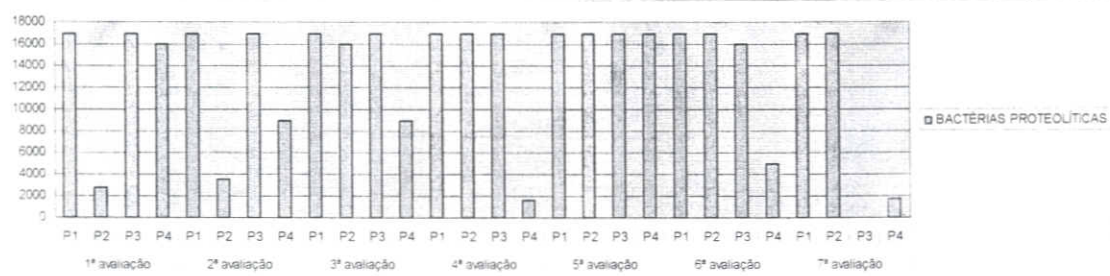


GRÁFICO 3 – Resultados obtidos para Bactérias Proteolíticas do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

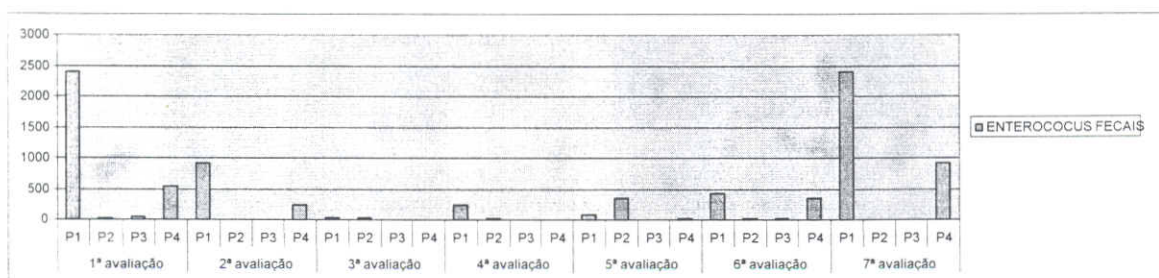


GRÁFICO 4 – Resultados obtidos para Enterococcus fecais do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz

P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz

P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade

P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

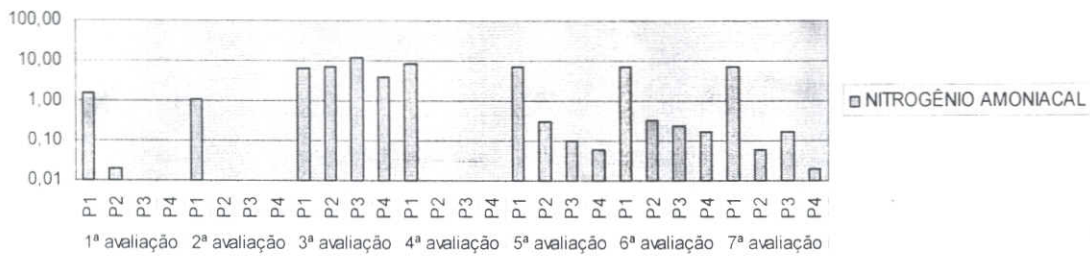


GRÁFICO 5 – Resultados obtidos para Nitrogênio Amônico do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

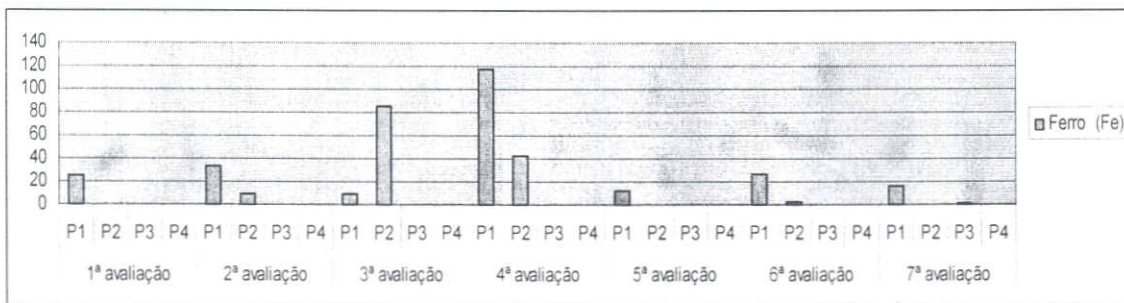


GRÁFICO 6 – Resultados obtidos para Ferro do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

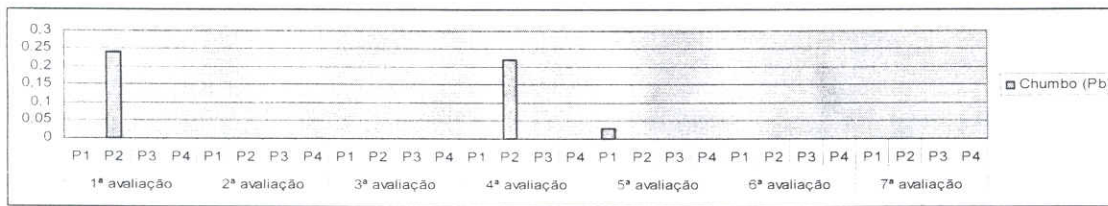


GRÁFICO 7 – Resultados obtidos para Chumbo do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

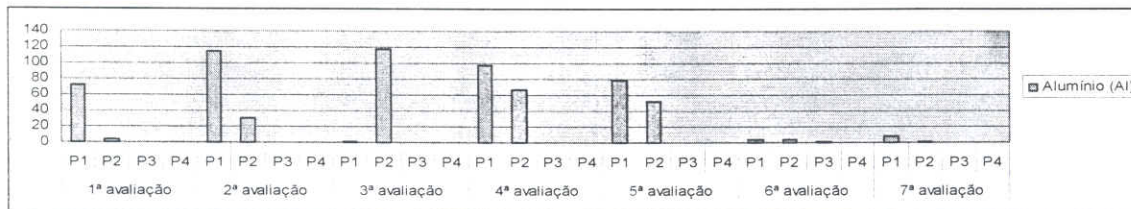


GRÁFICO 8 – Resultados obtidos para Alumínio do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade

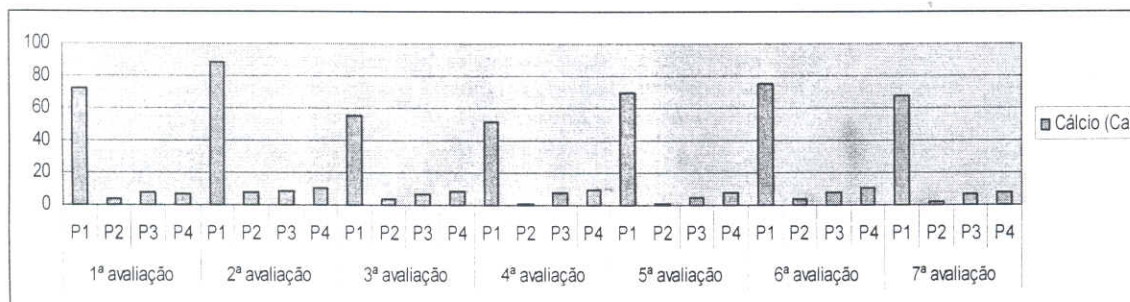


GRÁFICO 9 – Resultados obtidos para Cálcio do Cemitério da Paz e do Cemitério da Saudade

Legenda

- P1 = Piezômetro próximo a av. Américo Vespúcio – Cemitério da Paz
- P2 = Piezômetro próximo a av. Carlos Luz – Cemitério da Paz
- P3 = Piezômetro próximo ao Ossoário – Cemitério da Saudade
- P4 = Cisterna próxima aos Velórios – Cemitério da Saudade