



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO – PPGRHS (MESTRADO)**



FLORILDA VIEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR ATIVIDADE
CEMITERIAL NA CIDADE DE MACEIÓ**

Maceió
2012

FLORILDA VIEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR ATIVIDADE
CEMITERIAL NA CIDADE DE MACEIÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS, do Centro de Tecnologia – CTEC, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ivete Vasconcelos Lopes
Ferreira

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Cleuda Custódio Freire

Maceió
2012

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S586a Silva, Florilda Vieira da.
Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió-AL / Florilda Vieira da Silva. – 2012.
150 f. : il., tab.

Orientador: Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira.

Co-orientador: Cleuda Custódio Freire.

Dissertação (Mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2012.

Bibliografia: f. 124-130.

Apêndices: f. 131-150.

1. Águas subterrâneas. 2. Contaminação. 3. Cemitérios. 4. Necrochorume.
I. Título.

CDU: 628.193:614.65



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Centro de Tecnologia – CTEC
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos – PPGRHS



AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR ATIVIDADE
CEMITERIAL NA CIDADE DE MACEIÓ

FLORILDA VIEIRA DA SILVA

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 05 de março do ano de 2012.

Banca Examinadora:

Prof.^a. Dr.^a. Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira
(Orientadora/PPGRHS/UFAL)

Prof.^a. Dr.^a. Cleide Custódio Freire
(Co-orientadora/PPGRHS/UFAL)

Prof. Dr. Marcio Gomes Barboza
(PPGRHS/UFAL)

Eng.^o. Dr. Antônio Pedro de Oliveira Netto
(FUNASA)

Campus A. C. Simões, Av. Lourival de Melo Mota, S/N
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas
Tel/Fax: (82) 3214-1836
E-mail: ppgrhs@gmail.com
Homepage://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs

Dedico esse trabalho às pessoas fundamentais nessa trajetória: A tia Maria do Carmo, a grande incentivadora, aos meus pais, que são exemplos na minha vida e a Lucas meu filho, a razão da minha existência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, a força que move todo universo.

À Prof.^a Dr.^a Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira, pela orientação.

À Prof.^a Dr.^a Cleuda Custódio Freire, pela coorientação.

À Prof.^a Dr.^a Ana Maria Queijeiro, e a sua equipe, pela confiança e por disponibilizar o Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental do Instituto de Química e Biotecnologia, para a realização dos exames microbiológicos de bactérias proteolíticas.

À Prof.^a Dr.^a Paula Benevides, pelo carinho e confiança que teve comigo durante o tempo que trabalhamos na UFT em Palmas.

Ao Prof. Dr. Marcos Pedroso, por estar sempre disposto a ajudar os seus ex-alunos.

Aos colegas do mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Eliana, Marcelle, Madalena, Milena, Danylo, Samuellson, Valdir e Walber, pelo carinho e amizade durante o curso.

À estudante de Engenharia Ambiental, Araceli, pela dedicação, colaboração e esforço nas análises realizadas.

Ao estudante de Engenharia Civil, Igor, pela colaboração em algumas etapas do estudo.

À também estudante de Engenharia Ambiental Maryelli, pela grande contribuição na realização das análises.

Aos bolsistas do LSA, Diego e Andressa, que sempre estiveram dispostos a ajudar nos trabalhos.

A todos que fazem parte do projeto ASUB (Águas Subterrâneas), que ajudaram nas coletas, nas medições de nível, para que esse trabalho acontecesse.

À FAPEAL (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas), pelo auxílio financeiro à pesquisa.

Post Mortem

E o que ele foi: clavículas, abdômen,
O coração, a boca, em síntese, o Homem,
-Engrenagem de vísceras vulgares
Os dedos carregados de peçonha,
Tudo coube na lógica medonha
Dos apodrecimentos musculares.

A desarrumação dos intestinos
Assombra! Vede-a! Os vermes assassinos
Dentro daquela massa que o húmus come,
Numa glutoneria hedionda, brincam,
Como as cadelas que as dentuças trincam
No espasmo fisiológico da fome.

É uma trágica festa emocionante!
A bacteriologia inventariante
Toma conta do corpo que apodrece...
E até os membros da família engulham,
Vendo as larvas malignas que se embrulham
No cadáver malsão, fazendo um s.

E foi então para isto que esse doudo
Estragou o vibrátil plasma todo,
À guisa de um faquir, pelos cenóbios?!...
Num suicídio graduado, consumir-se,
E após tantas vigílias, reduzir-se
À herança miserável dos micróbios!

AUGUSTO DOS ANJOS

RESUMO

O potencial de contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió, é avaliado neste trabalho, por meio de análise de sua qualidade físico-química e bacteriológica. Os cemitérios selecionados para esta finalidade estão inseridos em área considerada de média vulnerabilidade do aquífero, onde o nível freático encontra-se próximo à superfície do terreno. Para a pesquisa foram escolhidos dois cemitérios, Nossa Senhora Mãe do Povo e São José, localizados nos bairros de Jaraguá e Trapiche da Barra, respectivamente. Além de poços situados no interior dos cemitérios, foi monitorado um poço a montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo. As características físicas, químicas e microbiológicas das águas subterrâneas avaliadas apresentam-se influenciadas pelo uso e ocupação do solo, pelas condições climáticas locais, pelo tipo de solo e pela deficiência de saneamento básico. Os resultados das análises microbiológicas dão indicativos de contaminação de origem fecal. As condições higiênicas e sanitárias das águas estudadas não são satisfatórias, pois as amostras coletadas apresentaram *E. coli* e/ou coliformes totais. Foram também detectados *Clostridium perfringens* (indicativo de contaminação remota), bactérias heterotróficas e proteolíticas, o que sugere poluição por matéria orgânica, nas águas subterrâneas do aquífero. A presença de bactérias proteolíticas foi observada nas águas subterrâneas do Cemitério São José, sugerindo a contaminação por necrochorume. Com relação aos parâmetros físicos e químicos, alguns (cor, turbidez, nitrato e sólidos totais dissolvidos) se mostraram fora dos padrões de referência para a água potável segundo a Portaria 2914/2012 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Contaminação. Cemitérios. Necrochorume.

ABSTRACT

The potential for contamination of groundwater by cemetery activities in the city of Maceió, in this work, is evaluated through analysis of its physico-chemical and bacteriological quality. The cemeteries selected for this evaluation are located in medium vulnerability areas, in where groundwater level is near to the ground surface. Two cemeteries were chosen for the the research, Nossa Senhora Mãe do Povo and São José, located in the neighborhoods of Jaraguá and Trapiche, respectively. Besides the wells located within the cemeteries area another well, located upstream of Nossa Senhora Mãe do Povo Cemetery (background) was monitored. The physical, chemical and microbiological characteristics of groundwater have been modified by the use and occupation of land, by the local climate, the soil type and lack of sanitation. The microbiological analysis indicated pollution of fecal origin. The hygienic and sanitary conditions of the studied waters are not satisfactory, because the samples showed *E. coli* and / or total coliform. *Clostridium perfringens* were also detected (indicative of remote contamination), proteolytic bacteria and heterotrophic bacteria, suggesting contamination by the presence of organic matter in aquifers groundwater. It was observed the presence of proteolytic bacteria in the São Jose Cemetery groundwater, suggesting necrochorume contamination. As for to physical and chemical parameters, some of them showed off the reference standards (color, turbidity, nitrate and dissolved total solids) for drinking water according to Decree 2914/211 of the Ministry of Health.

Keywords: Groundwater. Contamination. Cemeteries. Necrochorume.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Ciclo Hidrológico.	26
FIGURA 2 -	Zonas abaixo da superfície do solo.	27
FIGURA 3 -	Tipos de aquíferos de acordo com as características geológicas.	28
FIGURA 4 -	Tipos de aquíferos.	29
FIGURA 5 -	Vulnerabilidade à contaminação.	32
FIGURA 6 -	Situação de risco à contaminação	33
FIGURA 7 -	Processos de poluição da água subterrânea.	35
FIGURA 8 -	Cemitério tradicional - Cemitério São Luís em Maceió - AL.	43
FIGURA 9 -	Cemitério parque ou jardim- Campo Santo Parque das Flores em Maceió - AL.	43
FIGURA 10 -	Cemitério vertical- Memorial Necrópole Ecumênica.	43
FIGURA 11-	Sepultamento por Inumação e Tumulação.	44
FIGURA 12 -	Extravasamento do necrochorume, Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha - SP.	49
FIGURA 13 -	Fórmula estrutural e molecular das diaminas putrescina e cadaverina.	51
FIGURA 14 -	Localização da cidade de Maceió.	69
FIGURA 15 -	Balanço hídrico no mês de janeiro de 2010 no município de Maceió – AL.	70
FIGURA 16 -	Balanço hídrico no mês de janeiro de 2011 no município de Maceió – AL.	71
FIGURA 17 -	Geologia de Maceió.	72
FIGURA 18 -	Cidade de Maceió com seus bairros.	74
FIGURA 19 -	Imagem de satélite com destaque para a área do clube esportivo	76
FIGURA 20 -	Poço de Coleta (P1) a montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do povo.	76

FIGURA 21 - Imagem de satélite com destaque para a localização dos poços (P1 e P2).	77
FIGURA 22 - Estrutura do poço do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo.	77
FIGURA 23 - Ponto de coleta (P2) no Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo.	77
FIGURA 24- Imagem de satélite com destaque para a localização dos poços (P3 e P4).	78
FIGURA 25 - Poço de coleta (P3) estrutura interna - Cemitério São José.	79
FIGURA 26 - Vista do poço revestido de concreto – Cemitério São José.	79
FIGURA 27 - Estrutura interna (P4) - Cemitério São José.	79
FIGURA 28 - Vista do poço principal- Cemitério São José.	79
FIGURA 29 - Medição do nível do aquífero.	80
FIGURA 30 - Placa de Petri com colônias de bactérias heterotróficas totais, coliformes totais e <i>E. coli</i> .	83
FIGURA 31 - Etapa presuntiva do <i>Clostridium perfringens</i> .	85
FIGURA 32- Etapa confirmativa do <i>Clostridium perfringens</i> .	85
FIGURA 33 - Determinação das bactérias proteolíticas.	87
FIGURA 34 - Meio sólido - ausência de bactérias proteolíticas.	87
FIGURA 35 - Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, Maceió - AL.	88
FIGURA 36 - Imagem de satélite com destaque para o Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo.	89
FIGURA 37 - Inscrições nas catacumbas de 1896 e numeração dos túmulos.	89
FIGURA 38 - Cemitério tradicional - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo.	90
FIGURA 39 - Sepultamento por inumação - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo.	90
FIGURA 40 - Árvores no cemitério – Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo.	91
FIGURA 41 - Proximidade do cemitério com as residências - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo.	91

FIGURA 42 -	Descarte de resíduos fora do contêiner - Cem. N. Sra. Mãe do Povo.	92
FIGURA 43 -	Caixão descartado como resíduo comum - Cem. N. Sra. Mãe do Povo.	92
FIGURA 44 -	Cemitério São José – Maceió – AL.	93
FIGURA 45 -	Imagem de satélite com destaque para o Cemitério São José.	93
FIGURA 46 -	Jazigo do menino Petrúcio - Cemitério São José.	94
FIGURA 47 -	Distribuição em quadras - Cemitério São José.	94
FIGURA 48 -	Escavação para uma nova inumação - Cemitério São José.	94
FIGURA 49 -	Inumação direta no solo- Cemitério São José.	95
FIGURA 50 -	Descaso com a limpeza - Cemitério São José.	96
FIGURA 51 -	Destinação inadequada dos resíduos - Cemitério São José.	96
FIGURA 52 -	Materiais provenientes de obras - Cemitério São José.	96
FIGURA 53 -	Nível da água no poço monitorado durante o período de 2009 e 2010.	98
FIGURA 54 -	Boxplot da temperatura do ar nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	101
FIGURA 55 -	Boxplot da temperatura da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	101
FIGURA 56 -	Boxplot da condutividade da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	103
FIGURA 57 -	Boxplot do cálcio da água nos poços monitorados durante o período de 2010.	104
FIGURA 58 -	Boxplot da cor aparente da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	105
FIGURA 59 -	Boxplot da turbidez da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	106
FIGURA 60 -	Boxplot do pH da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	107
FIGURA 61 -	Boxplot do cloreto da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	108

FIGURA 62 - Proximidade do Cemitério São José com o mar.	108
FIGURA 63 - Boxplot do sulfato da água nos poços P1 e P2 durante o período de 2009 e 2010.	110
FIGURA 64 - Boxplot do nitrato da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	111
FIGURA 65 - Fluxo da água subterrânea na cidade de Maceió.	112
FIGURA 66 - Boxplot do nitrito da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	113
FIGURA 67 - Boxplot dos sólidos totais dissolvidos da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Vulnerabilidade do aquífero a contaminação.	30
TABELA 2 -	Definição das classes de Vulnerabilidade de um aquífero a contaminação.	31
TABELA 3 -	Ocorrência de Vulnerabilidade	32
TABELA 4 -	Parâmetros para a avaliação de qualidade de água para consumo humano.	41
TABELA 5 -	Poços de coleta e respectivas localizações.	75
TABELA 6 -	Análises físico-químicas e métodos analíticos.	82
TABELA 7 -	Enzimas associadas, substrato e coloração resultante para contagem de coliformes totais e <i>E. coli</i> .	84
TABELA 8 -	Composição do DRCM.	85
TABELA 9 -	Variação do sulfato da água nos pontos P3 e P4 durante o período de monitoramento.	109
TABELA 10 -	Análise estatística descritiva dos Coliformes Totais (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento.	116
TABELA 11 -	Análise estatística descritiva da <i>E. coli</i> (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento.	117
TABELA 12 -	Análise estatística descritiva das Bactérias Heterotróficas (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento.	118
TABELA 13 -	Análise estatística descritiva dos <i>Clostridium perfringens</i> (NMP /100 mL) obtidos no período de monitoramento.	119
TABELA 14 -	Determinação das bactérias Proteolíticas.	120

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Alguns números que refletem a importância da água.	25
QUADRO 2 -	Grau de vulnerabilidade dos aquíferos em área de atividade cemiterial.	31
QUADRO 3 -	Fontes de contaminação das águas subterrâneas.	34
QUADRO 4 -	Patógenos comuns em água.	53

LISTA DE SIGLAS

AIDIS	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	American Public Health Agency
APM	Área de Proteção de Manancial
APP	Área de Preservação Permanente
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CTEC	Centro de Tecnologia
DDA	Dose Diária Admissível
DRCM	Diferencial Reinforced Clostridium Medium
EDTA	Ethylenediamine-tetraacetic Acid
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GOD	Groundwater, Overall and Depth
IBGE	Instituto Brasileiro Geográfico de Estatística
IDT	Ingestão Diária Tolerável

INCA	Instituto Nacional de Câncer
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LBPMA	Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental
LSA	Laboratório de Saneamento Ambiental
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
RMM	Região Metropolitana de Maceió
RSS	Resíduos dos Serviços de Saúde
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SEMA/PR	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SMCCU	Superintendência Municipal de Controle de Convívio Urbano
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
uC	Unidade de cor
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFC	Unidades Formadoras de Colônias

uT	Unidade de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permissível
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	20
2	OBJETIVOS	24
2.1	Geral	24
2.2	Específicos	24
3	REVISÃO DA LITERATURA	25
3.1	Introdução	25
3.2	Águas Subterrâneas	26
3.3	Vulnerabilidade de Aquíferos	30
3.4	Contaminação das Águas Subterrâneas por Atividades Antrópicas	33
3.4.1	Padrões de Potabilidade da Água	37
3.5	Um Breve Histórico Sobre os Cemitérios	39
3.6	Tipos de Cemitérios no Brasil	41
3.7	Práticas Funerárias	43
3.8	O Processo de Decomposição de Corpos	45
3.8.1	Fenômenos Transformativos dos Cadáveres.....	45
(i)	Autólise	45
(ii)	Putrefação	46
a)	Período de coloração.....	46
b)	Período gasoso	46
c)	Período coliquativo.....	47
d)	Período de esqueletização	47
(iii)	Maceração.....	47
(iv)	Saponificação ou adipocera	48
(v)	Mumificação.....	48
(vi)	Petrificação ou calcificação.....	47

(vii)	Coreificação.....	49
3.9	O Necrochorume e seu Potencial de Contaminação.....	49
3.9.1	Parâmetros Utilizados Como Indicadores da Presença de Necrochorume	54
3.9.1.1	Parâmetros Físicos.....	56
	Cor.....	56
	Turbidez.....	56
	Temperatura	56
	Condutividade elétrica.....	57
	Sólidos.....	57
3.9.1.2	Parâmetros Químicos	57
	pH.....	57
	Cálcio.....	58
	Cloretos.....	58
	Nitrito.....	59
	Nitrato.....	59
	Sulfato.....	60
3.9.1.3	Indicadores Microbiológicos de Contaminação	60
	Coliformes totais.....	61
	<i>Escherichia coli</i>	61
	Clostrídios sulfito-redutores	62
	Bactérias Heterotróficas..	62
	Bactérias Proteolíticas	63
3.9.2	Aspectos Legais da Atividade Cemiterial	63
3.9.2.1	Âmbito Federal	63
3.9.2.2	Âmbito Estadual.....	65
3.9.2.3	Âmbito Municipal	65

3.9.3	Rede de monitoramento.....	63
3.9	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	69
4.1	Localização.....	69
4.2	Clima	70
4.3	Caracterização Geológica da Área de Estudo	71
4.4	Sistema Aquífero da Área de Estudo	73
5	MATERIAL E MÉTODOS	75
5.1	Poços Monitorados.....	75
5.2	Amostra Controle	79
5.3	Levantamento dos Níveis dos Aquíferos	80
5.4	Levantamento de Dados Qualitativos das Águas Subterrâneas	80
5.4.1	Período e Frequência das Coletas.....	81
5.4.2	Coleta e Preservação das Amostras.....	81
5.4.3	Caracterização Físico-Química	82
5.4.4	Caracterização Microbiológica.....	83
5.4.5	Tratamento dos dados.....	87
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
6.1	Aspectos ambientais dos cemitérios.....	88
6.1.2	Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo	88
6.1.3	Cemitério São José.....	93
6.2	Nível da Água	97
6.3	Aspectos Qualitativos.....	100
6.3.1	Parâmetros físico-químicos	100
6.3.2	Parâmetros microbiológicos	114
7	CONCLUSÕES	121
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	123
	REFERÊNCIAS	124

1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A água é um elemento fundamental para a manutenção de todas as formas de vida em nosso planeta e um dos principais componentes da biosfera. Apesar de dois terços da superfície da Terra ser coberta por ela, apenas uma pequena porção desta é doce.

A água é um bem de domínio público, e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (Lei nº 9433/97). Deve ser utilizada pelo homem para a sua sobrevivência e melhoria das condições econômicas, sociais e comunitárias. É também um meio onde habitam organismos que necessitam de condições ambientais adequadas para a sua sobrevivência (TUCCI *et al.*, 2007).

Nas últimas décadas, a preocupação de toda sociedade com a disponibilidade e qualidade de água decorre do fato de que, por mais abundante que pareça este recurso, não é rara também sua escassez, ora pela ocorrência de períodos prolongados de seca ora pela alta carga poluidora a que é submetida (ESPINDULA, 2004).

A combinação desses fatores com o esgotamento das reservas de água potável e as doenças de origem hídrica, conduz a um aumento na procura de água de boa qualidade, e poderá ser um dos principais problemas socioambientais.

As diversas atividades humanas podem contaminar as águas, as superficiais por estarem mais expostas, tendem a ser mais vulneráveis que as subterrâneas, sendo estas normalmente de boa qualidade.

A água subterrânea é utilizada frequentemente para abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação de animais, recreação (parques aquáticos, termas) e fins industriais. É considerada um recurso natural indispensável para a humanidade e para o meio ambiente, pois mantêm a umidade do solo, garante o fluxo de base dos cursos d'água, sendo responsável pela sua perenização em épocas de estiagem.

A exploração das águas subterrâneas é uma opção bastante atraente para abastecimento público, pois ocorre em maiores quantidades que as superficiais, devido a sua abundância, boa qualidade (em geral) e baixo custo de captação, por sua proximidade das áreas de consumo. Constituem-se numa alternativa qualitativamente mais adequada, pois são naturalmente mais protegidas dos agentes poluidores, embora o lençol freático seja

vulnerável à contaminação (WENDLAND, 2003). Portanto, a quantidade e a qualidade podem estar comprometidas se não houver um planejamento de uso sustentável.

Nos grandes centros urbanos, devido ao processo acelerado de crescimento das cidades, muitas vezes sem obedecer aos códigos de edificações dos municípios, algumas, a exemplo de Maceió, enfrentam desafios na demanda por água potável. Atualmente, a principal fonte de abastecimento de água na capital alagoana é a subterrânea, com cerca de 200 unidades de poços profundos espalhados pela cidade, onde a Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) faz o abastecimento, que respondem por, aproximadamente, 68 % da vazão produzida na capital. O restante do fornecimento é feito por águas superficiais, em que os principais mananciais são os riachos Catolé, Aviação e o sistema Pratygy, que juntos, respondem por 32 % do abastecimento da cidade (CASAL, 2011a).

A contaminação de água subterrânea nos centros urbanos ocorre com bastante intensidade em quase todos os estados brasileiros. Em Maceió, em torno de 27 % da população é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário, cerca de 170.000 habitantes (CASAL, 2011b), os demais são atendidos pelo sistema fossa-sumidouro, que é um potencial foco de contaminação das águas subterrâneas, o que agrava a situação. Tem-se, dessa forma, um potencial problema de saúde pública, já que a água é um veículo de transmissão de doenças.

Organismos internacionais - Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), e nacionais, como o Ministério da Saúde (MS) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), têm reconhecido a problemática da água neste final de século (BRASIL, 2006b).

Para que a exploração das águas subterrâneas seja realizada em base sustentável, é preciso avançar no conhecimento do meio físico, das fontes de contaminação nas técnicas de proteção dos aquíferos e aprimorar as formas de gestão dos recursos hídricos subterrâneos (TUCCI & CABRAL, 2003).

Em geral, as fontes de contaminação estão associadas à falta ou ineficiência de um sistema de esgotamento sanitário, a despejos domésticos e industriais, à contaminação por chorume proveniente dos lixões, à implantação inadequada dos postos de gasolina, à

excessiva irrigação por fertilizantes, uso de pesticidas, ao necrochorume, dentre outras (HYPÓLITO & EZAKI, 2006; HILDEBRANDT *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2006).

A contaminação de águas subterrâneas por cemitérios está relacionada à alteração da qualidade química da água e à presença de microrganismos existentes nos corpos em decomposição e o necrochorume liberado no período coliquativo. Este período corresponde à dissolução pútrida das partes moles dos cadáveres, pela ação conjunta da fauna necrófaga (PACHECO, 2000).

Segundo Matos (2001), depois de morto, o corpo humano se transforma. Passa a ser um ecossistema de população formado por artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica e outros, podendo por em risco o meio ambiente e a saúde pública.

Águas contaminadas muitas vezes acabam sendo utilizadas pela população que habita as áreas próximas aos cemitérios. Já os aquíferos de maior profundidade, em princípio, estão protegidos da contaminação por necrópoles. Esta poderá ocorrer se houver deficiências técnicas de construção de poços, ou se estes estiverem localizados em aquíferos vulneráveis, com rochas fraturadas e com canais de dissolução (PACHECO, 2000).

A implantação de cemitérios sem levar em consideração os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático), constitui mais uma das causas de deterioração da qualidade das águas subterrâneas, pois substâncias provenientes da decomposição de cadáveres podem ter acesso às mesmas, representando um risco do ponto de vista sanitário e higiênico (MARTINS *et al.*, 1991).

Dessa forma, os cemitérios são vistos como fontes de contaminação ambiental e sua implantação está sujeita a licenciamento ambiental, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 335 de 28 de maio de 2003 e suas alterações (Resolução CONAMA nº 368/06 e Resolução CONAMA nº 402/08).

Maceió possui oito cemitérios municipais, a saber: Cemitério São José (Trapiche); Cemitério Nossa Senhora da Piedade (Prado); Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo (Jaraguá); Cemitério de Santa Luzia (Riacho Doce); Cemitério Nossa Senhora do Ó (Ipioca); Cemitério Santo Antônio (Bebedouro); Cemitério São Luiz (Tabuleiro dos Martins) e Cemitério Divina Pastora (Rio Novo). Possui também dois particulares para humanos, Campo

Santo Parque das Flores localizado no Tabuleiro dos Martins, Memorial Parque Maceió no bairro Benedito Bentes e outro para animais, Cemitério Jardim da Paz Animal localizado também no bairro Benedito Bentes.

Para esta pesquisa foram escolhidos dois cemitérios, Nossa Senhora Mãe do Povo e São José, sendo este último o de maior fluxo de enterros da cidade.

A escolha do tema para a dissertação decorre da existência, em Maceió, de cemitérios que funcionam em regiões vulneráveis (Planície Costeira), mais sujeitas à contaminação por esse tipo de atividade. Ressalta-se, ainda, tratar-se de áreas bastante povoadas, que possuem em seus arredores residências, comércio, clube esportivo, parque agropecuário, e tendo em vista que a população utiliza poços artesianos para abastecimento e outros fins.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial de contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió, por meio de análise da qualidade físico-química e bacteriológica.

2.2 Específicos

- Avaliar o comprometimento da qualidade da água subterrânea de poços localizados nas áreas dos cemitérios;
- Contribuir para a caracterização físico-química e microbiológica das águas subterrâneas, no município de Maceió;
- Interpretar os resultados obtidos com base nas legislações existentes sobre o assunto (Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 335/2003 suas alterações (nº 368/06 e nº 402/08));
- Avaliar os aspectos ambientais dos cemitérios estudados segundo as legislações (Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió Lei nº 5.593/07, Código de Posturas do Município de Maceió Lei nº 3.538/85 e Resolução CONAMA 335/2003 suas alterações).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Introdução

A concepção de que a água doce é abundante, segundo Tundisi (2003) é falsa. O autor explica que somente 3% da água do planeta está disponível como água doce. Destes 3%, cerca de 75% estão nas calotas polares congeladas e quase 10% estão reservados nos aquíferos. Somente 15% dos 3% de água doce do planeta terra estão disponíveis.

A água é um elemento essencial para as atividades e manutenção da existência humana (Quadro 1), sua influência foi primordial na formação das aglomerações, o surgimento e a sustentação da vida em nosso planeta (FUNASA, 2004). É o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60 % do seu peso é composto por água, e em certos animais aquáticos esta porcentagem sobe a 98 % (VON SPERLING, 2005).

Quadro 1 – Alguns números que refletem a importância da água

A água em números	
<ul style="list-style-type: none">• Aproximadamente 34.000 pessoas morrem diariamente em consequência de doenças relacionadas com a água.• 65 % das internações hospitalares no Brasil se devem a doenças de veiculação hídrica.• Uma pessoa necessita de no mínimo cinco litros de água por dia para beber e cozinhar e 25 litros para higiene pessoal.• Uma família média consome cerca de 350 litros de água por dia no Canadá, 20 litros na África, 165 litros na Europa e 200 litros no Brasil.• As perdas de água na rede de distribuição no Brasil variam de 30 % a 65 % do total aduzido.	<ul style="list-style-type: none">• Aproximadamente, 1,4 bilhões de litros de água são necessários para produzir um dia de papel para a imprensa mundial.• Um tomate contém 95 % de água.• 9.400 litros de água são necessários para produzir 4 pneus de carro.• Abastecimento e saneamento adequados reduzem a mortalidade infantil em 50 %.• Uma pessoa sobrevive apenas uma semana sem água.• Mulheres e crianças em muitos países em desenvolvimento viajam em média 10 a 15 km todos os dias para obter água.

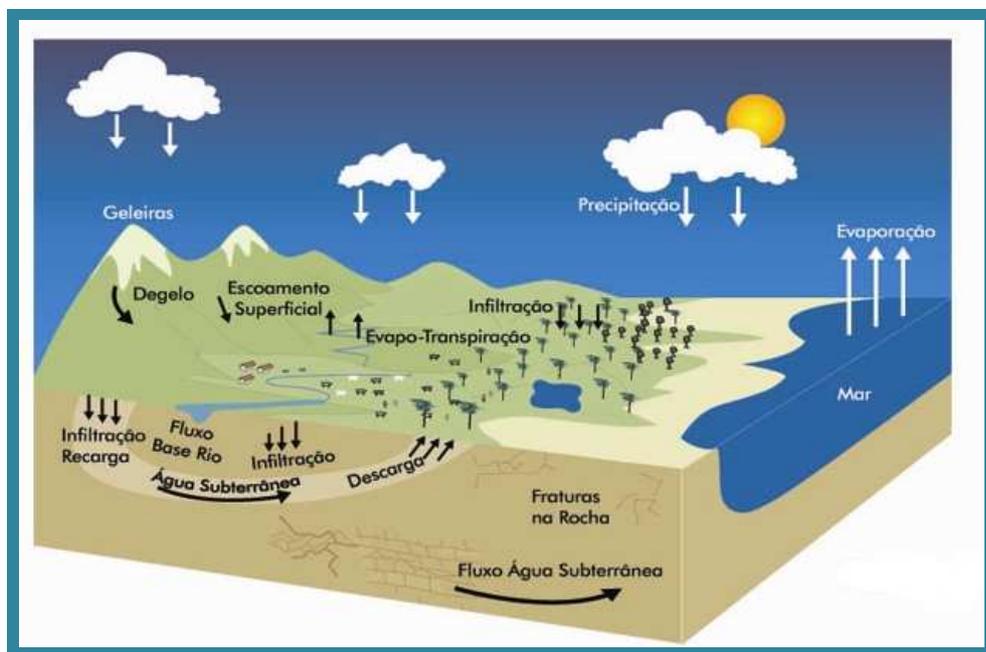
Fonte: Tundisi (2003).

3.2 Águas Subterrâneas

A água subterrânea é a parcela que se encontra no subsolo da superfície terrestre, preenchendo os espaços vazios existentes entre os grãos do solo, rochas e fissuras, e está disponível em todas as regiões da Terra, constituindo importante recurso natural (TUNDISI, 2003).

Segundo a Resolução CONAMA nº 396/08, águas subterrâneas são águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo (Figura1). Quase toda essa água, tem origem no ciclo hidrológico, que é um sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e para os continentes, de onde retorna superficial ou subterraneamente ao oceano (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). Possui movimento lento, comparando com a água superficial. Uma alta velocidade estaria na faixa de 1 metro/dia, enquanto um rio rápido pode mover-se a uma velocidade de 1 metro/segundo (CLEARY, 1989).

Figura 1- Ciclo Hidrológico



Fonte: www.mma.gov.br

Essa água abaixo da superfície do solo ocorre em zonas, nas quais as duas principais são: zona de aeração (não-saturada) e zona de saturação (Figura 2). A primeira é ocupada parcialmente pela água e pelo ar, na qual ocorrem as principais interações entre os

contaminantes e o solo. Nesta zona podemos distinguir três regiões: zona de umidade do solo (parte mais superficial), franja capilar (região mais próxima do nível d'água do lençol freático) e zona intermediária (região compreendida entre as duas zonas anteriores) (TUCCI & CABRAL, 2003).

A zona saturada é a região abaixo do lençol freático, onde os espaços porosos estão totalmente preenchidos pela água. A zona de aeração pode estar ausente em áreas de pântanos, o que torna os aquíferos muito mais vulneráveis, ou atingir centenas de metros em regiões áridas (TUCCI & CABRAL, 2003).

A zona de saturação está limitada pela linha de saturação, na parte superior e por uma barreira impermeável, na parte inferior. A zona de aeração está limitada pela superfície do terreno e pela linha de saturação (TUCCI *et al.*, 2007).

Figura 2- Zonas abaixo da superfície do solo

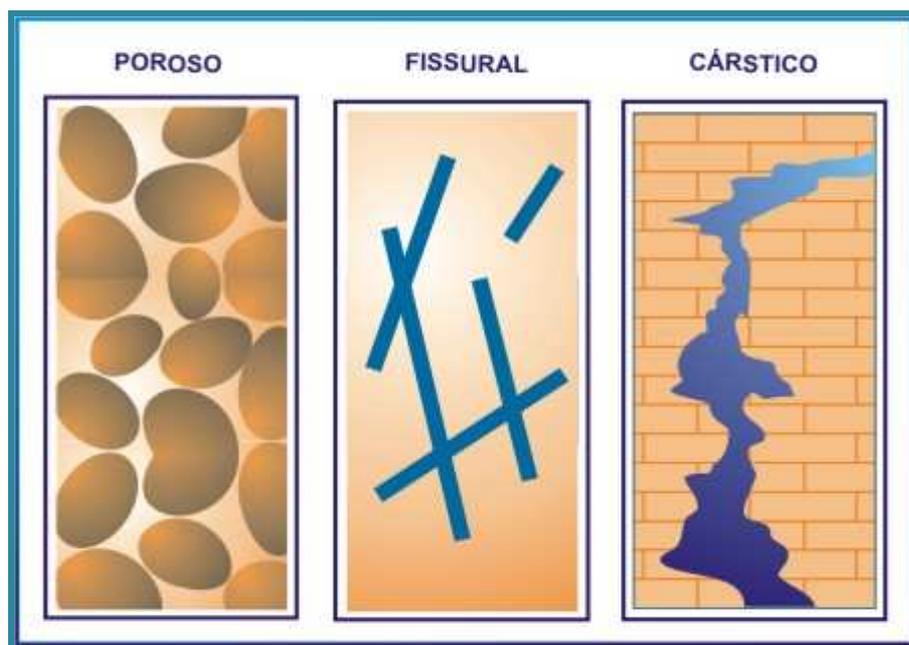


Fonte: www.oaquiferguarani.com.br

Um aquífero é um corpo hidrológico, que tem a capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CONAMA n.º 396/2008). A quantidade de água subterrânea que se produz em uma região, depende das características do aquífero e da frequência de recarga (WENDLAND, 2003).

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com as características hidrodinâmicas ou de acordo com as características geológicas. Quanto à primeira classificação são considerados confinados e não confinados (livres ou freáticos), dependendo da ausência ou da presença da linha da água (TUCCI *et al.*, 2007). De acordo com as características geológicas são considerados porosos, cárstico ou fissural (Figura 3).

Figura 3- Tipos de aquíferos de acordo com as características geológicas.



Fonte: www.oaquiferguarani.com.br

O aquífero poroso ocorre em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, decompostos *in situ*. Constituem os melhores e maiores reservatórios de água subterrânea (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

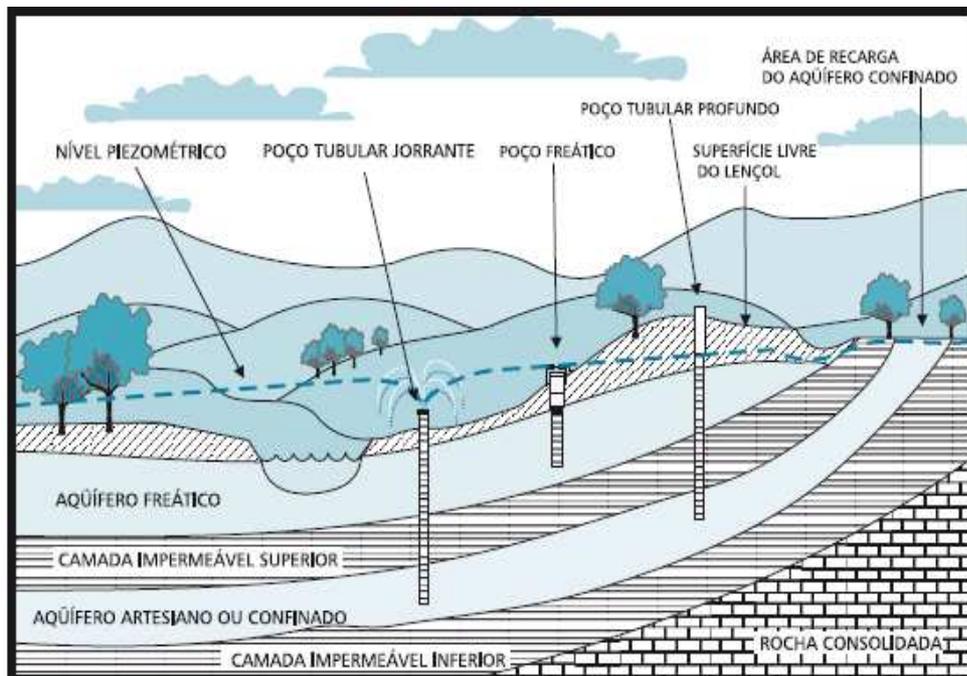
O aquífero fissural ocorre em rochas ígneas e metamórficas. Normalmente abriga pouca água e geralmente de má qualidade como o cristalino do Nordeste Brasileiro (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

O aquífero cárstico acontece em rochas carbonáticas, onde as feições cársticas mais comuns contêm canais de dissolução e cavidades de grande porte, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Os aquíferos livres ou freáticos são formações geológicas permeáveis, parcialmente saturadas de água, limitadas na base por uma camada impermeável. A maior parte da superfície da água está diretamente em contato com a pressão atmosférica. Sua superfície piezométrica é conhecida como superfície freática, nível freático ou lençol freático. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população e que apresentam maiores problemas de contaminação (WENDLAND, 2003).

Os aquíferos confinados são formações geológicas permeáveis, limitadas no topo e na base por materiais relativamente impermeáveis e que estão sob pressões maiores que a pressão atmosférica (CLEARY, 1989). A Figura 4 ilustra os diferentes aquíferos.

Figura 4- Tipos de aquíferos



Fonte: FUNASA (1999) *apud* BRASIL (2006a).

A água subterrânea passa por uma filtração no próprio solo, que remove a maioria dos microrganismos. Por essa razão, as águas de fontes e poços profundos normalmente são de boa qualidade quando comparadas às águas superficiais. Os processos mais importantes para a depuração das águas subterrâneas são a filtração mecânica, a aeração e a adsorção. A sobrevivência e retenção dos microrganismos são dependentes do tipo de solo em que se encontra a fonte de contaminação (WHO, 1998).

3.3 Vulnerabilidade de Aquíferos

Define-se como vulnerabilidade de um aquífero, o maior ou menor grau de sensibilidade que o aquífero apresenta de tolerar uma contaminação (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

O risco de contaminação é em função das atividades humanas na superfície da terra (contaminantes lançados no solo), e a sensibilidade (vulnerabilidade) dos aquíferos quando são afetados por esses contaminantes (FOSTER *et al.*, 2006).

Para a determinação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero pode ser utilizado o método simplificado, método **GOD**, referência às iniciais em inglês dos parâmetros utilizados. (**G**rau de confinamento da água subterrânea groundwater, **O**corrência de estratos de cobertura (overall) e **D**istância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado (Depth)) (FOSTER¹, *et al.*1987 e FOSTER & HIRATA², 1988) *apud* (FOSTER *et al.*,2006).

A cada um desses parâmetros é atribuído um valor nos limites de 0 e 1 (Tabela 1) cujo produto ou índice qualitativo é obtido multiplicando os três valores, indicando o grau de vulnerabilidade: nula (insignificante), baixa, média (moderada), alta e extrema (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Tabela 1- Vulnerabilidade do aquífero a contaminação

Insignificante	Baixa	Média	Alta	Extrema
0 – 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-1,0

Fonte: Foster *et al.* (2006).

Segundo os autores, as classes de vulnerabilidade determinadas pelo método GOD podem ser descritas conforme indicado na Tabela 2.

¹ FOSTER. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Proceedings of international conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. 1987. Noordwijk, Países Baixos.

² FOSTER & R. HIRATA. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. 1988. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Peru.

Tabela 2- Definições das classes de vulnerabilidade de um aquífero à contaminação

Classes de vulnerabilidade	Definição correspondente
Insignificante	Não ocorre aquífero, pela ausência de água em quantidade significativa, e pela baixa qualidade natural.
Baixa	Vulnerável somente aos poluentes conservadores em longo prazo, quando descarregado ou lixiviado continuamente.
Média	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando descarregado continuamente ou lixiviado (sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos).
Alta	Vulnerável a muitos contaminantes (excetos aqueles fortemente adsorvidos ou facilmente transformados) em muitos cenários de contaminação.
Extrema	Vulnerável à maioria dos contaminantes da água com rápido impacto em muitos cenários de poluição (sensibilidade para contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus).

Fonte: Foster *et al.* (2006).

Conforme estudo da Secretaria de Estado e Meio Ambiente dos Recursos Hídricos (SEMARH, 2004), dos oito cemitérios municipais e dos dois particulares para pessoas, localizados no município de Maceió (Quadro 2), três estão em áreas de vulnerabilidade moderada (média) no domínio da unidade litoestratigráfica Sedimentos de Praia e Aluvião. Este grau de vulnerabilidade foi determinado pelo método GOD.

Quadro 2- Grau de vulnerabilidade dos aquíferos em área de atividade cemiterial

Cemitérios	Localização	Aquífero	Vulnerabilidade
São José	Trapiche	Sedimentos de praia e aluvião	Média
N. Sra. da Piedade	Prado	Sedimentos de praia e aluvião	Média
N. Sra. Mãe do Povo	Jaraguá	Sedimentos de praia e aluvião	Média
São Luiz	Tabuleiro dos Martins	Barreiras	Baixa
Santo. Antônio	Bebedouro	Barreiras	Baixa
Parque das Flores	Tabuleiro dos Martins	Barreiras	Baixa

Fonte: adaptado de SEMAHR (2004).

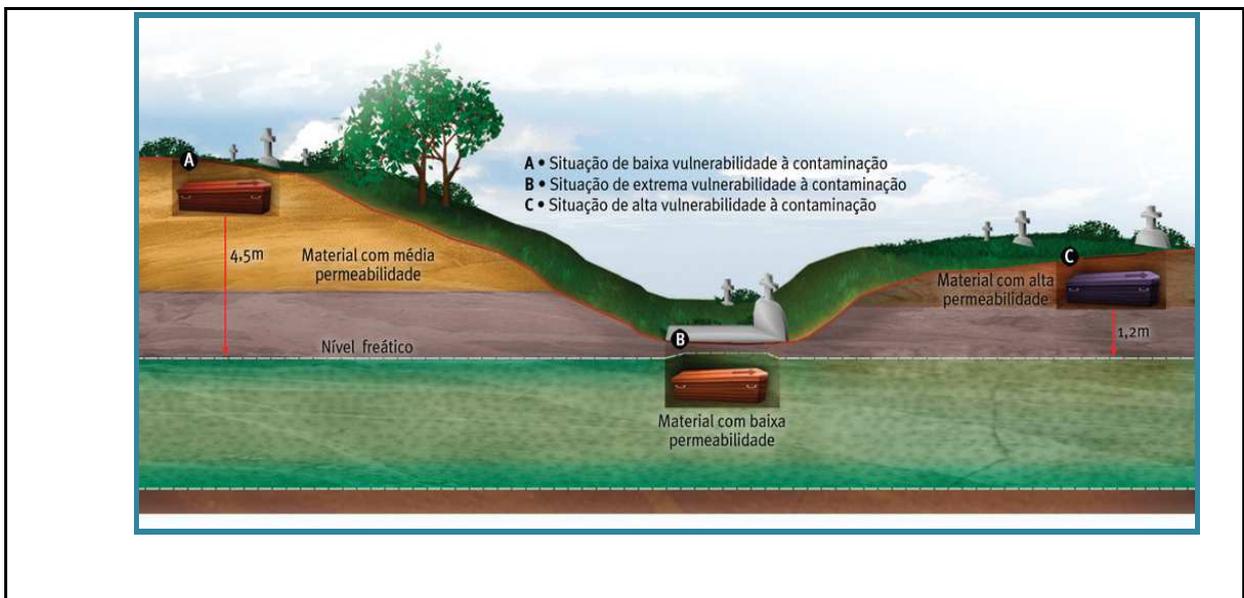
Na Tabela 3 e nas Figuras 5 e 6 estão representados cenários de riscos de contaminação das águas subterrâneas por necrochorume, com a ocorrência de vulnerabilidade, baixa, média, alta, e extrema.

Tabela 3- Ocorrência de vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Definição correspondente
Baixa	Quando o sepultamento ocorre acima do nível natural do terreno e em jazigos, a situação é de baixo risco.
Média	Quando o solo apresenta média permeabilidade e alta capacidade de adsorção e retenção do material argiloso, aliado à grande distância até o lençol freático, o necrochorume move-se lentamente e os contaminantes são interceptados na zona não saturada. Essa situação é de médio risco.
Alta	Quando o solo tem alta permeabilidade, permitindo a infiltração profunda do necrochorume, ou a distância para o lençol freático é inadequada, a situação é de alto risco e de alta vulnerabilidade à contaminação, porque os contaminantes chegam facilmente às águas subterrâneas.
Extrema	Quando a sepultura está abaixo do nível freático, podendo sofrer inundações, a situação é de extremo risco, visto que os caixões não são impermeáveis.

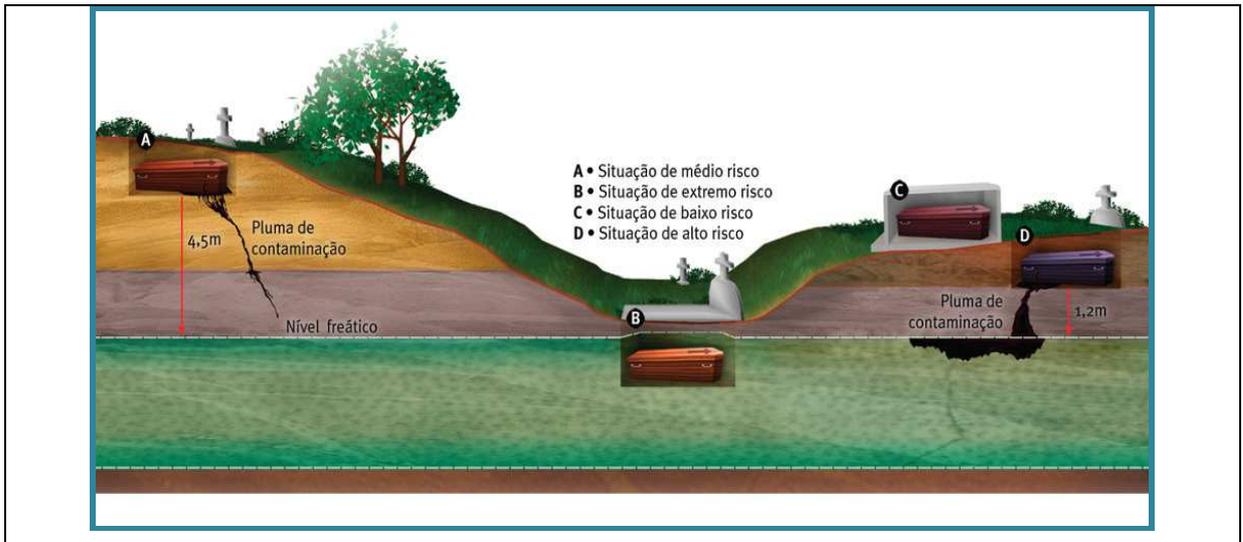
Fonte: adaptado Silva & Malagutti Filho, 2009.

Figura 5- Vulnerabilidade à contaminação



Fonte: Pacheco (2000) *apud* Silva & Malagutti Filho (2009).

Figura 6- Situação de risco à contaminação



Fonte: Pacheco (2000) *apud* Silva & Malagutti Filho (2009).

O estudo de vulnerabilidade é o primeiro passo para se avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas, além de servir como ferramenta para planejar ações e políticas de proteção para os mananciais subterrâneos, já que permite a identificação e representação cartográfica de áreas críticas.

3.4 Contaminação das Águas Subterrâneas por Atividades Antrópicas

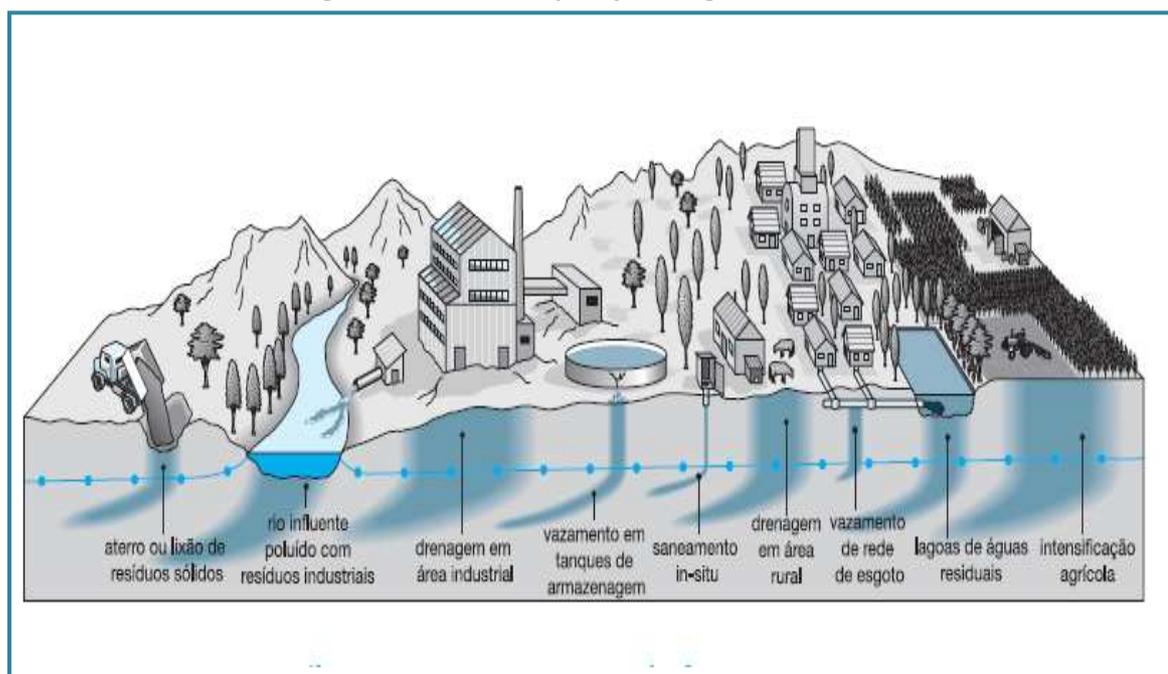
A exploração da natureza pelo homem tem afetado toda a biosfera, alterando o equilíbrio existente. Em relação às águas subterrâneas, são várias as atividades que causam alterações nas características físicas, químicas ou biológicas (Quadro 3 e Figura 7), decorrentes das atividades humanas como: disposição inadequada de esgotos sanitários, resíduos sólidos, águas residuárias industriais, águas de drenagem urbana, fontes acidentais e fontes atmosféricas (TUCCI *et al.*, 2007). Ainda concorrem para a contaminação o manejo inadequado da água subterrânea e atividades cemiteriais.

Quadro 3– Fontes de contaminação das águas subterrâneas

Fontes de contaminação	Características	Contaminantes
Esgotos sanitários e fossas sépticas	Águas servidas, utilizadas para higiene pessoal, lavagem de utensílios e cozimento de alimentos.	Matéria orgânica biodegradável, microrganismos, nutrientes, óleos, graxas e detergentes.
Resíduos sólidos	São os rejeitos de atividades industriais, domésticas, hospitalares e agrícolas.	Chorume, microrganismos patogênicos, fenóis, óleos e graxas, metais pesados, etc.
Águas residuárias industriais	Água de processo e águas sanitárias	Hidrocarbonetos aromáticos, metais pesados, organismos fecais, nitratos, metais e substâncias radioativas.
Águas de drenagem urbana	Águas de lavagem sobre o solo	Microrganismos, nutrientes, materiais em suspensão, etc.
Fontes acidentais	Acidentes ocorridos em depósitos de produtos perigosos, derramamento de óleo e explosão de caráter radioativo.	Substâncias radioativas, metais pesados, ácidos, etc.
Fontes atmosféricas e Run-off urbano	Queima de combustíveis fósseis, que geram chuvas ácidas e percolação de poluentes atmosféricos. Emissão de veículos automotores	Sólidos dissolvidos e em suspensão, hidrocarbonetos orgânicos, químicos sintéticos e naturais, metais pesados, compostos de enxofre e nitrogênio.
Manejo da água subterrânea	Poço ou captação cuja construção /projeto inadequado permite o ingresso direto de água superficial ou água subterrânea rasa poluída. Intrusão salina, rebaixamento do aquífero.	Sais, acidez da água e aumento da concentração de poluentes.
Contaminação Natural	Está relacionada com a evolução química da água subterrânea e a dissolução de minerais (pode ser agravada pela poluição ocasionada pela atividade humana e /ou extração excessiva)	Principalmente fluoreto e ferro solúvel, às vezes sulfato de magnésio, arsênico, manganês, selênio, cromo e outras espécies inorgânicas.
Atividade cemiterial	Substâncias provenientes da decomposição de cadáveres	Necrochorume (liquame ou putrilagem).

Fonte: Adaptada de Feitosa & Manoel Filho (2000); Foster *et al.* (2006) e de Tucci *et al.* (2007).

Figura 7- Processos de poluição da água subterrânea



Fonte: Foster *et al.* (2006).

Os esgotos sanitários não tratados representam, nos grandes centros, a principal causa da poluição dos rios urbanos e das praias nas cidades costeiras, gerando preocupação porque em algumas áreas, o nível do lençol freático está muito próximo à superfície podendo haver infiltração de esgotos na água subterrânea, e a utilização da mesma pela população, através de poços artesianos.

A Resolução CONAMA nº 430/2011, no Art. 3º cita que os efluentes (termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos) somente poderão ser lançados diretamente em qualquer corpo receptor (corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente) após o devido tratamento.

O uso generalizado de fossas sépticas deve ser gradativamente substituído por redes coletoras de esgotos, para atenuar a quantidade de cargas contaminantes depositadas no subsolo que, mesmo assim, ainda podem liberar uma significativa quantidade no aquífero mais profundo oriundos das décadas anteriores (FOSTER *et al.*, 2006).

Por sua vez, as águas residuárias industriais apresentam uma larga variação na sua composição e vazão e esta diversificação introduz, no ambiente, várias substâncias tóxicas, em baixas concentrações, e produtos radioativos (TUCCI *et al.*, 2007). Alguns estados brasileiros dispõem de sistemas de fiscalização e monitoramento que ajudam a prevenir e

detectar casos de contaminação, mas na maior parte dos Estados, a atuação dos órgãos ambientais ainda é muito rudimentar (TUCCI & CABRAL, 2003).

A ausência de aterros sanitários também contribui para contaminação das águas através do chorume, que é um líquido de cor negra, resultante da decomposição da matéria orgânica, com uma carga alta de contaminantes que pode atingir as águas superficiais e subterrâneas. Embora grande parte dos resíduos gerados possa ser reduzida através de reciclagem de materiais e por incineração, o método básico de armazenagem desses resíduos continua sendo os aterros sanitários (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

As águas pluviais lavam o solo, levando aos cursos de água, impurezas, detritos encontrados em ruas e pavimentos (TUCCI *et al.*, 2007). Dentre eles uma enorme quantidade de resíduos sólidos deixados pela população nas encostas, terrenos baldios e ruas, que enchem as tubulações, causando alagamentos e desconforto no período chuvoso, necessitando, portanto de programas intensivos de Educação Ambiental para a população.

O uso de fertilizantes e pesticidas nas atividades agrícolas é responsável pela degradação das águas subterrâneas em áreas de cultivo intensivo. Os principais nutrientes utilizados são: nitrogênio, fósforo e potássio. Dentre os fertilizantes o nitrogênio na forma de nitrato é o principal contaminante (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). A presença de pesticidas nos mananciais destinados ao consumo humano implica em elevados custos de tratamento, possíveis incidências toxicológicas e proibição do uso da água (HILDEBRANDT *et al.*, 2008).

O vinhoto e águas de lavagens utilizadas na irrigação e fertilização da cana-de-açúcar na região dos tabuleiros costeiros, área de recarga do sistema aquífero, constituem um possível risco para a contaminação das águas subterrâneas no Estado de Alagoas. Conforme a Resolução nº 92 do CNRH/2008, Art. 2º, os órgãos gestores deverão promover estudos hidrogeológicos regionais para delimitar as áreas de recarga dos aquíferos, definindo as suas zonas de proteção.

O manejo inadequado da água subterrânea e a superexploração nas áreas costeiras é a principal causa do aumento da salinização dos aquíferos. A retirada excessiva de água permite o avanço da cunha salina, pois não há uma fiscalização efetiva por parte do poder público que impeça os excessos. Neste sentido, a Resolução nº 92 do CNRH/2008, também

em seu Art. 2º, estabelece que os estudos hidrogeológicos regionais promovidos pelos órgãos gestores, devem identificar as potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidade dos aquíferos para utilização das águas subterrâneas, em especial as áreas com indícios de superexploração, poluição ou contaminação, o que determina as áreas de restrições e controle de uso das águas subterrâneas.

A falta de medida de proteção ambiental no sepultamento de corpos humanos, em covas abertas no solo, fez com que áreas de muitos cemitérios fossem contaminadas por diversas substâncias orgânicas e inorgânicas e por microrganismos patogênicos. Essa contaminação ocorre quando os cemitérios são implantados em condições ambientais desfavoráveis (características litológicas, estrutura do terreno e nível do lençol freático) (SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2009).

Todos os riscos de contaminação não deveriam existir, já que existe uma legislação específica para a proteção e conservação dos aquíferos subterrâneos (Resolução nº 92 do CNRH/2008) visando identificar, prevenir e reverter processos de superexploração, poluição e contaminação, lançamento de poluentes e as áreas de recarga dos aquíferos.

3.4.1 Padrões de potabilidade da água

A água pode veicular um elevado número de doenças e essa transmissão acontece por diferentes maneiras. O mecanismo de transmissão de doenças mais comum está diretamente relacionado à ingestão de água de má qualidade, que contenha componentes nocivos à saúde, e a presença desses componentes no organismo humano provoca o aparecimento de doenças (BRASIL, 2006a).

Durante séculos a qualidade da água não foi considerada fator restritivo, embora os aspectos estéticos (aparência, sabor, odor) influenciassem na escolha da fonte. Historicamente, água pura era considerada aquela limpa, clara, de bom sabor e sem odor. As pessoas não relacionavam a água impura às doenças e não dispunham de tecnologia e conhecimento necessários para distinguir que a estética agradável não garantiria a ausência de microrganismos prejudiciais à saúde (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

A água encontrada na natureza possui uma série de impurezas, que definem suas características físicas, químicas e biológicas. Essas impurezas podem torná-la imprópria para

o consumo humano. A “água pura” é um conceito hipotético, uma vez que apresenta elevada capacidade de dissolução e transporte e, em seu percurso, superficial ou subterrâneo, incorpora um grande número de substâncias, que em excesso podem comprometer determinados usos (BRASIL, 2006a).

A água segura para o consumo humano, na definição da Organização Mundial de Saúde, WHO (2005)³, *apud* Pádua *et al.* (2009), é aquela que não apresenta risco significativo à saúde humana durante o consumo por toda vida, incluindo as sensibilidades inerentes a cada estágio de vida.

Define-se como água potável, aquela água destinada ao consumo humano, sem que ofereça riscos à saúde. No Brasil, os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que atendam aos padrões de potabilidade são fixados pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, atualmente revisada, tendo como principal referência e influência para a sua periódica atualização as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) (PÁDUA *et al.*, 2009).

Segundo a referida portaria, padrão de potabilidade corresponde aos valores máximos permitidos (VMP - concentrações limites), estabelecidos para cada parâmetro, das características das águas destinadas ao consumo humano aceito pela saúde pública.

Esses valores são fixados pela OMS através de peritos, que pesquisam a influência de cada substância e produto no homem e nos animais, definindo assim, a quantidade que pode ser absorvida diariamente, a ingestão diária tolerável (IDT) ou dose diária admissível (DDA), sem riscos para a saúde (PÁDUA *et al.*, 2009).

Através dessa ingestão diária tolerável, calculam-se os valores máximos permitidos (VMP) de uma substância na água para consumo humano, levando em consideração a massa corporal média, a ingestão diária tolerável e a quantidade de água ingerida, em média, por dia (PÁDUA *et al.*, 2009). Cabe destacar que esse procedimento não leva em consideração possíveis efeitos sinérgicos entre substâncias simultaneamente presentes na água e situação frequente na utilização de agrotóxicos (BRASIL, 2006a).

³ WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. 2005 Volume 1. Recommendations. ed. Genebra: Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf.

Na visão da OMS incorporada à Portaria 2914/2011 do MS, os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (de longo prazo, algumas vezes não muito bem fundamentados do ponto de vista toxicológico e epidemiológico), não podem ser comparados aos riscos microbiológicos de transmissão de doenças (de curto prazo, inquestionáveis e de grande impacto que devem receber prioridade absoluta) (BRASIL, 2006b).

Na Tabela 4 estão indicados os padrões de potabilidade adotados pelo Brasil e pela Organização Mundial da Saúde.

Tabela 4- Parâmetros para a avaliação de qualidade de água para consumo humano

Parâmetros	Padrões de potabilidade (VMP) ¹	
	Portaria 2914/MS	OMS
Cor Aparente	15 mg Pt-Co/L	15 Pt/L
pH	6,0 - 9,5	6,5 - 8,5
Turbidez	5,0 uT	5,0 UT
Sólidos Totais Dissolvidos	1000 mg/L	1000 mg/L
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L (como N)	-
Nitrato	10 mg/L (como N)	10 mg/L (como N)
Sulfato	250 mg/L	400 mg/L
<i>E. coli</i>	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL

(1) VMP: Valor Máximo Permitido

Entre os parâmetros expostos na Tabela 4, observa-se que a OMS não define o VMP para o nitrito, sendo que este parâmetro é de grande interesse sanitário. Também é observado, que a faixa de variação do pH admitida na Portaria 2914/2011 do MS é mais ampla que a recomendada pela OMS. Essa diferença menos restritiva na escala, provavelmente não oferece riscos à saúde. O íon sulfato (SO_4^{2-}), por exemplo, é mais restrito nos padrões brasileiros. A permissão pela OMS de maior concentração deste íon na água para consumo humano, provavelmente também não oferece riscos à saúde.

3.5 Um Breve Histórico Sobre os Cemitérios

O homem nômade não tinha o hábito de enterrar seus mortos, apenas os deixavam se decompor ao ar livre. Devido a não convivência com o corpo e por não apresentarem

moradia fixa, este não lhe trazia problemas. Mas a partir do momento que deixa de ser nômade, os mortos também se fixam, acondicionados em cavernas e, posteriormente, em locais específicos (MARTIM *et al.*, 2008).

Os mortos eram considerados restos sagrados, para os povos antigos. O sepultamento foi uma das primeiras manifestações deste sentimento, como tributo aos restos mortais dos entes queridos (COSTA *et al.*, 2007).

Desde a pré-história, de acordo com registros arqueológicos, existe o hábito de sepultar os mortos ou cobri-los com pedras. Há evidências que comunidades Neandertais enterravam seus mortos, no entanto, os cemitérios - terrenos destinados ao sepultamento dos mortos - teriam sido implantados pelos primeiros cristãos (SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2009).

A palavra cemitério, originária do grego *koimetérion*, “dormitório”, e do latim *coemeteriu*, indicava, a princípio, o lugar onde se dorme, quarto, dormitório. Sob a influência do cristianismo, o termo tomou o sentido de campo de descanso após a morte. O cemitério também é conhecido como necrópole (que deriva de necrópolis, palavra de origem grega), carneiro, sepulcrário, campo-santo e vários eufemismos, como “cidade dos pés juntos”, “cidade dos mortos” e “última morada” (MATOS, 2001). Já a palavra “cadáver”, tem origem latina e significa “carne dada aos vermes” (SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2009).

O termo cemitério começou a ser empregado somente a partir da Idade Média quando os mortos retornam ao convívio dos vivos, com a penetração dos cemitérios nas cidades ou vilas, e os sepultamentos no interior das igrejas, mosteiros, conventos e áreas adjacentes. Esta prática significou uma aproximação entre os cadáveres, muitos vitimados por doenças contagiosas, e os vivos, o que aumentou significativamente a disseminação dos agentes patogênicos, epidemias como as de tifo, peste bubônica e outras (PACHECO, 2000; SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2009).

Apenas a partir do século XVIII o termo cemitério, adquiriu a conotação atual, quando, por razões higiênicas e de saúde pública, ficou proibido o sepultamento de cadáveres no interior de edifícios religiosos e recomendou-se enterrar os mortos em lugares adequados, isto é, em necrópoles campais implantadas na periferia das áreas urbanas (PACHECO, 2000).

Esta forma de sepultamento, no Brasil, só tornou-se habitual entre as famílias mais abastardas a partir do decreto assinado por D. Pedro II e de medidas sanitárias, primeiramente na cidade do Rio de Janeiro com a inauguração do Cemitério São João Batista e em São Paulo com o da Consolação (PACHECO, 2000). Essa decisão teve como base o mau cheiro liberado dos corpos em decomposição e em emanações tidas como perigosas para a saúde (SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2009).

A partir da Proclamação da República, quando feita uma separação entre o poder do Estado e o poder religioso (Igreja Católica Apostólica Romana), a disposição dos cadáveres passou a ser basicamente um problema gerenciado pelos governos locais, mas respeitando-se ações isoladas de grupos religiosos (católicos, evangélicos, judeus) e de grupos particulares (COSTA & SOUZA, 2007).

Os cemitérios constituem hoje, no Brasil, uma necessidade social e são indispensáveis à destinação dos cadáveres (SILVA *et al.*, 2008). São monumentos à memória daqueles que morreram e que os vivos fazem questão de eternizar. Ao longo do tempo, este tipo de construção adquiriu a condição de inviolabilidade no que tange à pesquisa científica nos seus diferentes aspectos. Porém, sociólogos, antropólogos, folcloristas e outros têm dado excelentes contribuições para uma melhor informação dos hábitos, costumes e práticas funerárias (MATOS, 2001).

Até o início do século XXI os cemitérios foram apenas excepcionalmente incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, bem como têm sido raramente objeto de estudos geoambientais mais amplos e sistemáticos sobre as reais dimensões da contaminação do solo e água subterrânea causada pela decomposição de corpos humanos no meio geológico (MATOS, 2001).

3.6 Tipos de Cemitérios no Brasil

Os cemitérios no Brasil podem se apresentar como cemitérios horizontais e verticais. O cemitério horizontal é aquele que está localizado em área descoberta, compreendendo os tradicionais e os do tipo parque ou jardim (CONAMA nº 335/2003).

Os cemitérios tradicionais ou clássicos, segundo Campos (2007), são compostos por alamedas, que contêm túmulos semi-enterrados, mausoléus, capelas, crucifixos e imagens, jazigos funerários cobertos de mármore e granito, com pouca ou nenhuma arborização. Ocupam a área disponível, e de uma maneira geral têm pouco verde, tornando o espaço acinzentado com efeitos na estética urbana dos locais onde se situam, provocando impactos psicológicos nas pessoas mais sensíveis à morte (PACHECO, 2000). São os cemitérios mais encontrados no Brasil e o tipo mais utilizado na cidade de Maceió (Figura 8)

Já os cemitérios parque ou jardim são aqueles predominantemente cobertos por jardins, isento de construções tumulares, no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, de pequenas dimensões, ao nível do chão (CONAMA nº 335/2003) (Figura 9). Têm uma estética mais agradável em relação aos tradicionais, encaixando-se de forma harmônica no contexto urbano (PACHECO, 2000).

Quanto ao cemitério vertical, é um edifício dotado de compartimentos destinados a sepultamentos (CONAMA nº 335/2003). Esse tipo de cemitério é construído acima do nível do solo, sem contato com a terra, onde os corpos são sepultados separadamente em gavetas formando andares (Figura 10). Em todas as sepulturas há um tubo de ventilação integrado a um tubo central para expulsar os gases gerados na decomposição. O necrochorume originário da decomposição dos corpos é seco por circulação do ar e polimerização não mantendo contato com o solo ou as águas subterrâneas (CAMPOS, 2007). As vantagens desse tipo de cemitério é a utilização de menores áreas para a sua construção, pouca exigência quanto ao tipo de solo, facilidade de sepultamento, não há interferência do necrochorume nem resíduos nas águas subterrâneas, há também a facilidade para visitar as sepulturas nos dias chuvosos. E como desvantagens apresentam a liberação de gases sem tratamento, e maiores cuidados na construção (CAMPOS, 2007).

Figura 8- Cemitério tradicional - Cemitério São Luís em Maceió-AL



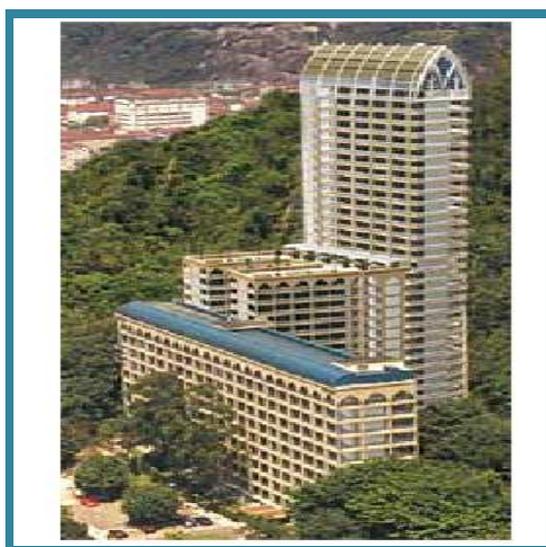
Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 9 - Cemitério parque ou jardim - Campo Santo Parque das Flores em Maceió-AL



Fonte: www.ojornalweb.com.br-parque-das-flores

Figura 10- Cemitério vertical - Memorial Necrópole Ecumênica



Fonte: www.memorialsantos.com.br

3.7 Práticas Funerárias

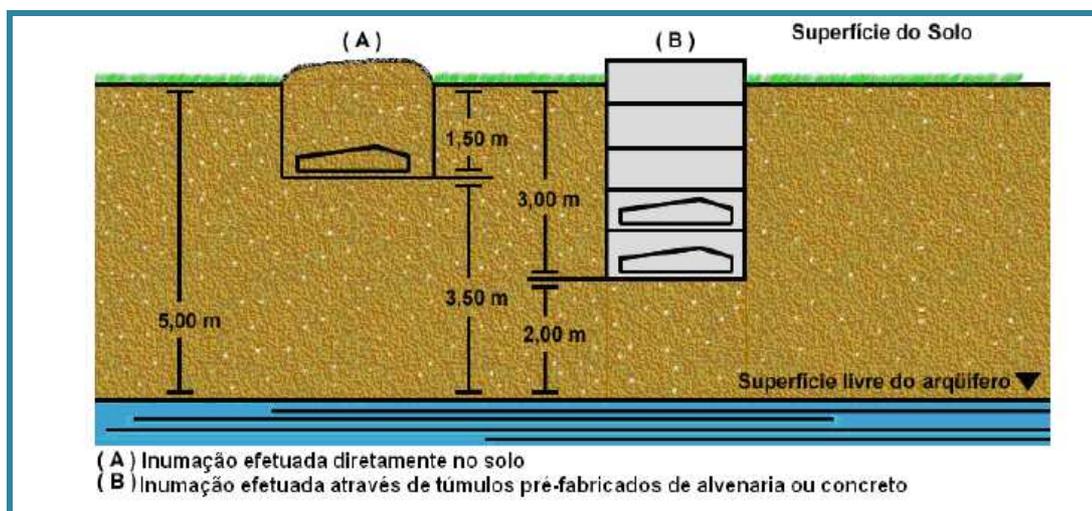
As principais práticas funerárias são: inumação ou sepultamento, tumulação e incineração.

A inumação é o ato de colocar a pessoa falecida, membros amputados e restos mortais, em local adequado (CONAMA 335/2003). Segundo Pacheco (2000), é o ato de

enterrar ou sepultar a pessoa falecida diretamente no solo, com o objetivo de permitir a decomposição e desaparecimento dos corpos (Figura 11).

A tumulação é o ato de inumar o cadáver no interior de túmulos (jazigos ou carneiros) com formato de caixas retangulares, pré-fabricados de alvenaria ou concreto, enterrados por placas de cimento, teoricamente bem seladas, onde os cadáveres ficam completamente enterrados ou semi-enterrados (SILVA *et al.*,2008).

Figura 11 - Sepultamento por Inumação e Tumulação



Fonte: Silva *et al.* (2008).

Quanto à cremação (incineração), é a técnica pela qual o corpo sem vida é reduzido à cinza pelo uso do calor e evaporação, eliminando-se o processo de decomposição do cadáver. Por ser o corpo humano constituído de 75% de líquidos, 25% de matérias sólidas (carne e ossos) na cremação a parte líquida passa pelo processo de evaporação, transformando-se em gases, ficando apenas as cinzas, oriundas da parte sólida (COSTA *et al.*, 2007). Essas cinzas são depositadas em uma urna cinerária e entregue aos familiares após sete dias do processo ocorrido ou guardadas no columbário.

A instalação de crematórios é vantajosa porque não ocorre a contaminação das águas subterrâneas através do necrochorume, ocupa pequenas áreas, ocorrendo também a destruição dos microrganismos. Tem como desvantagens pouca aceitação por questões culturais e religiosas, além da geração de resíduos gerados pela combustão dos corpos (CAMPOS, 2007).

3.8 O Processo de Decomposição de Corpos

Segundo Vass (2001), a decomposição humana começa cerca de 4 minutos após a morte. O início acontece por um processo conhecido por autólise ou autodigestão - processo autodestrutivo de células e tecidos, que ocorre sem interferência externa (VANRELL, 2004). É um processo complexo, segundo Vass (2001), e depende principalmente da temperatura e, em menor grau, da umidade. O processo de decomposição do tecido mole de cadáveres, deitados diretamente no chão, pode ser descrito pela Equação 1:

$$Y = \frac{1285}{X} \quad (1)$$

Y: número de dias necessários para o corpo ficar esqueletizado ou mumificado

X: temperatura média durante o processo de decomposição (°C)

3.8.1 Fenômenos transformativos dos cadáveres

São os processos que transformam o cadáver, quer pela sua destruição, quer pela conservação (VANRELL, 2004). Normalmente, os corpos sepultados em cemitérios estão sujeitos aos fenômenos transformativos, que podem ser destrutivos (autólise, putrefação e maceração) ou conservativos (saponificação, mumificação, coreificação e petrificação). Os parágrafos que se seguem descrevem estes fenômenos de acordo com os autores Pacheco (1986); Pacheco (2000); Vass (2001); Matos (2001); Vanrell (2004); Pounder(2005) e Campos (2007).

(i) Autólise: é o processo autodestrutivo de células e tecidos, que acontece sem interferência externa. Decorrente da instabilidade da membrana lisossômica e do aumento da permeabilidade das membranas plasmáticas que possibilita a liberação de enzimas proteolíticas contidas nos lisossomos, levando à ruptura enzimática que irá promover a digestão da parte orgânica da célula e sua destruição. Isto leva a uma acidez temporária que irá ser neutralizada pela putrefação, sendo invertida pela alcalinização progressiva, com pH em torno de 8,0 a 8,5.

(ii) Putrefação: é a destruição dos tecidos moles do corpo pela ação de microrganismos (bactérias, fungos e protozoários). Nesta fase anaeróbia, segue-se o aparecimento de bactérias aeróbias-anaeróbias facultativas das famílias *Neisseriaceas* e *Pseudomonadaceae*, e anaeróbias do gênero *Clostridium*, que são provenientes do cadáver e do meio circundante. Dependendo das condições ambientais, a putrefação pode ser observada 24 horas após a morte, com a formação dos gases (odores nauseabundos) em dois ou três dias. A decomposição do corpo pode durar de alguns meses até vários anos. As bactérias encarregadas da putrefação do cadáver, na sua maioria, são as mesmas que, em vida, formam a flora intestinal do indivíduo. A putrefação não é um processo resultante apenas do evento morte, é necessária a participação de bactérias cujas enzimas produzam, em condições favoráveis, a desintegração do material orgânico. Num cadáver exposto à intempérie, a putrefação se vê acelerada, mas os corpos enterrados apresentam sua decomposição retardada em até oito vezes em relação ao primeiro.

A decomposição natural de um cadáver (putrefação) segue a seguinte sequência (PACHECO, 2000; MATOS, 2001; VANRELL, 2004; CAMPOS, 2007):

- a) Período de coloração (cromático ou das manchas): fenômeno natural da decomposição, que é iniciado geralmente de 18 a 24 horas após a morte, com uma duração aproximada de 7 a 12 dias, dependendo das condições climáticas. Inicia-se com o aparecimento de uma mancha esverdeada na pele da fossa ilíaca direita (mancha verde abdominal), na parte inicial do intestino grosso, expandindo-se pelo abdômen cabeça e membros. Essa mancha verde é o resultado da reação do gás sulfídrico com a hemoglobina, formando a sulfometahemoglobina (nos recém-nascidos e nas pessoas que morreram afogadas, a mancha verde é torácica e não é abdominal).
- b) Período gasoso (enfisematoso ou deformativo): este período dura até três semanas dependendo das condições ambientais. É a etapa em que os gases desenvolvidos no interior dos corpos infiltram o tecido celular subcutâneo modificando, progressivamente, a fisionomia e o contorno externo do corpo, conferindo ao cadáver um aspecto inchado. Nessa fase, ocorre a ruptura das paredes abdominais, muitas vezes com um barulho conhecido como estouro cadavérico. Esta distensão é

mais evidente no abdome, pescoço, mamas e genitais externas. Libera os gases, sulfídrico, amônia, dióxido de carbono, fosfina, metano e mercaptana.

- c) Período coliquativo (período de redução dos tecidos): inicia-se no primeiro mês e pode estender-se por vários meses ou até 2 ou 3 anos. É o período em que acontece a desintegração (amolecimento), dos tecidos, pela ação de bactérias e da fauna necrófagas, composta de lavras, insetos e germes putrefativos, que transformam esse tecido em uma massa pastosa, semilíquida, escura e fétida (liquame ou putrilagem) também conhecida como necrochorume, por analogia com o chorume.
- d) Período de esqueletização: esta fase acontece após a destruição da matéria orgânica e a eliminação dos resíduos, ligamentos e a liberação e desmonte do esqueleto. Os ossos, os cabelos e os dentes, resistem por muitos anos, mas perdem a estrutura de forma gradual, tornando-se leves frágeis e quebradiços, pela perda óssea, ficando somente a sua porção mineral, sob a forma de carbonato de cálcio. Esse período dura de vários meses a diversos anos, dependendo das condições ambientais. O fósforo liberado da matéria orgânica sob a forma de fosfina reage com o oxigênio atmosférico dando origem ao fenômeno luminoso de curta duração conhecido como fogo-fátuo.

(iii) Maceração: é o processo de transformação destrutiva em que ocorre o amolecimento dos tecidos e órgãos quando os mesmos ficam submersos em um meio líquido e nele se embebem. A pele se torna esbranquiçada, fazendo com que a epiderme se solte da derme e podendo se rasgar em grandes fragmentos.

Quando o cadáver permanece insepulto e abandonado sobre o solo, por um determinado período, nele se instalam pequenos animais (principalmente os insetos), que formam a fauna cadavérica (moscas comuns e verdes, coleópteros, lepidópteros) que é importante na determinação do tempo de morte (cronotanatognose). O corpo humano em estágio de decomposição oferece alimento para alguns insetos, dentre eles a mosca, que pode liberar até 300 ovos sobre ele.

Já os fenômenos transformativos conservativos são aqueles que conservam o cadáver, ocorre de acordo com as condições ambientais e constituem em um problema para a reutilização das sepulturas, por ocasionarem a saturação dos espaços existentes nos

cemitérios, uma vez que prolongam a permanência dos corpos semidecompostos (PACHECO, 2000; MATOS, 2001; CAMPOS, 2007). São eles:

(iv) Saponificação ou adipocera: tem início por volta de dois meses após a inumação e se completa em torno de um ano. É a hidrólise da gordura com a liberação de ácidos graxos (triglicerídeos) presentes no tecido adiposo, que tem acidez, e se unem a alguns minerais do organismo (tais como cálcio e magnésio e outros) formando o sabão. Este é responsável pela inibição da ação das bactérias putrefativas, adiando a decomposição dos corpos. O cadáver fica intacto e adquire consistência gordurosa e mole, com uma coloração amarelo-escura, aspecto de cera e odor de queijo rançoso Segundo os autores Pacheco (2000) e Vanrell (2004), este processo ocorre, normalmente quando o cadáver é sepultado em ambientes alagadiços (pantanosos), e o excesso de umidade irá inibir a atuação dos germes de decomposição da matéria orgânica, com ausência de ar e escassa ventilação.

(v) Mumificação (dessecação ou desidratação dos tecidos): ocorre em condições de clima quente (acima de 40°C), ambiente seco (em torno de 6 % de umidade relativa do ar) e abundante ventilação. Os solos arenosos das regiões desérticas também propiciam a mumificação (VASS, 2001). Conforme Vanrell (2004), com a perda de água, a pele fica coriácea, se retrai, enruga e endurece, adquirindo uma coloração entre marrom e preto. O corpo diminui de peso, chegando a atingir de 10 a 5 kg. Pode ocorrer de forma natural, pela presença de nitrato de potássio no solo que funciona como um sal antisséptico, ou pela falta de umidade que permita o desenvolvimento de germes putrefativos, ou de forma artificial (embalsamento). A mumificação artificial consiste no tratamento do cadáver com substâncias químicas, muitas vezes nocivas ao ser humano, seja em pequenas quantidades, seja pelo efeito acumulativo no organismo (SILVA *et al.*, 2008).

(vi) Petrificação ou calcificação: fenômeno transformativo bastante raro em que ocorre a infiltração dos tecidos por sais de cálcio, precipitando as estruturas celulares e teciduais (VANRELL, 2004).

(vii) Coreificação: processo transformativo que acontece em cadáveres conservados em urnas metálicas (normalmente de zinco galvanizado), seladas hermeticamente, inibindo parcialmente a decomposição (VANRELL, 2004).

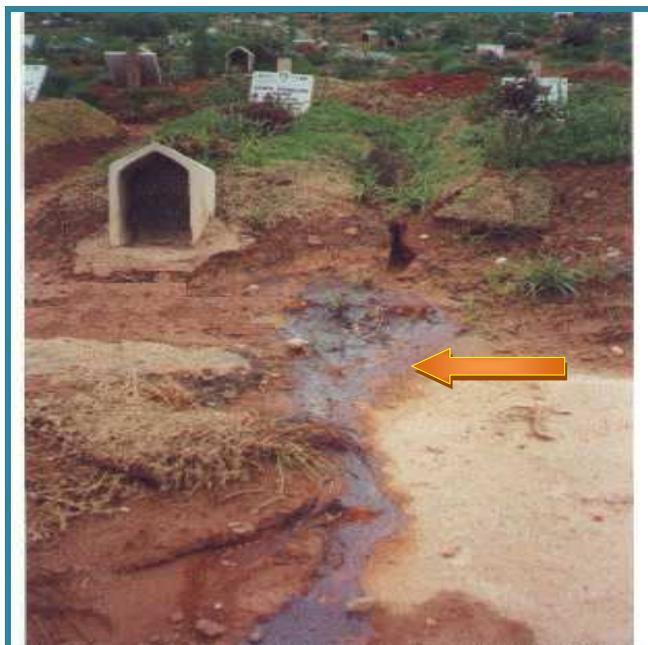
3.9 O Necrochorume e Seu Potencial de Contaminação

Necrochorume (liquame ou putrilagem) é o termo aplicado à substância análoga ao chorume. É um líquido viscoso, de cor acinzentada a acastanhada, sabor azedo, cheiro acre e fétido, polimerizável (tendência a endurecer), constituído de água, rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, incluindo duas diaminas, que são muito tóxicas, a cadaverina e a putrescina, também conhecidas como alcalóides cadavéricos, além de vírus e bactérias (PACHECO, 2000; FUNASA, 2007).

Conforme Silva (1998)⁴ *apud* Pacheco (2000), o necrochorume tem densidade média de 1,23 g/cm³ com a seguinte constituição aproximada: água (60%), substâncias inorgânicas-sais minerais (30%) e substâncias orgânicas - compostos degradáveis (10%).

Nos cemitérios, as fontes poluentes são pontuais, representadas por corpos dispostos separadamente em sepulturas (Figura 12). Estes produzem pequenas quantidades de necrochorume, desprendidas lentamente ao longo de 2,5 anos (CASTRO, 2008).

Figura 12 - Extravasamento do necrochorume, Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha – SP



Fonte: Matos & Pacheco (2000), *apud* Matos (2001).

⁴ SILVA, L. M. Cemitérios: Fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. 1998. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 4, Montevideu, p.667-78.

A composição do corpo de um homem adulto de 70 Kg (o da mulher situa-se entre um quarto e dois terços da do homem) contém aproximadamente: 43.000 g de oxigênio, 16.000 g de carbono, 7.000 g de hidrogênio, 1.800 g de nitrogênio, 1.100 g de cálcio, 500 g de fósforo, 140 g de enxofre, 140 g de potássio, 100 g de sódio, 95 g de cloreto, 19 g de magnésio, 4,2 g de ferro, 0,07g de cobre, 0,12 g de chumbo, 0,05 g de cádmio, 0,01g de níquel e 0,00009 g de urânio (ENVIRONMENTAL AGENCY, 2006). A composição em peso do corpo humano é: 64% de água, 20% de proteína, 10% de gordura, 5% de sais minerais e 1% de carboidrato (VAN HAAREN⁵, 1951 *apud* ENVIRONMENTAL AGENCY, 2006).

Quanto à degradação dos componentes que formam o corpo humano, tem-se que 60% são prontamente degradáveis, 15% moderadamente degradáveis, 20% são lentamente degradáveis e 5% são considerados inertes ou não degradáveis. Neste caso, assume-se que os sais minerais são a forma final dos resíduos degradáveis e que os componentes dos ossos lentamente degradáveis podem ser considerados inertes, para efeito prático (ENVIRONMENTAL AGENCY, 2006).

Devido à decomposição química do necrochorume é provável encontrar em amostras com esse tipo de contaminante, elevados números de bactérias degradadoras de matéria orgânica (bactérias heterotróficas), de proteínas (bactérias proteolíticas) e de lipídios (bactérias lipolíticas). São encontradas ainda bactérias normalmente excretadas por humanos e animais, como coliformes totais (*Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter*), *Streptococcus faecalis* e alguns clostrídios como, por exemplo, *Clostrídios perfringens*. Também é possível encontrar bactérias patogênicas e enterovírus (MATOS, 2001).

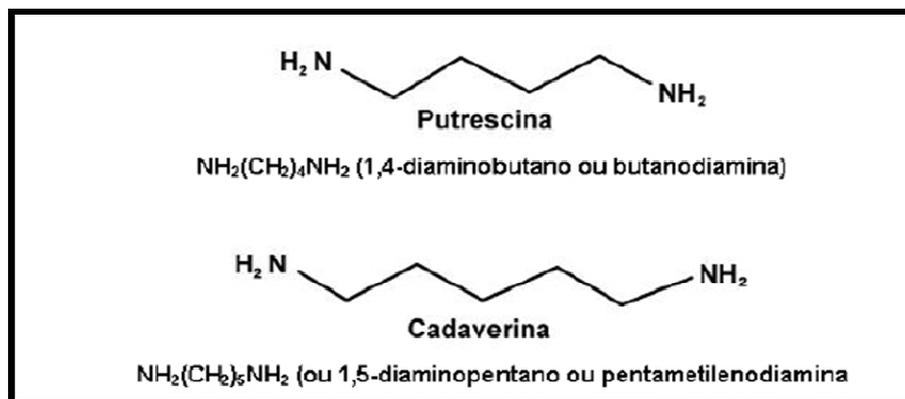
Os gases produzidos durante a decomposição dos corpos são, principalmente, H₂S, CH₄, NH₃, e CO₂. O odor é causado por alguns destes gases, exceto o CO₂ que é inodoro e por pequena quantidade de mercaptana (POUNDER, 2005), substância que contém sulfeto de hidrogênio ligado ao carbono saturado.

A presença dos compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal) é um grande indicador da presença de necrochorume, visto que o processo de decomposição

⁵ VAN HAAREN, F. W. J. Cemeteries as Sources of Groundwater Contamination. **Water.**, n. 35, v.16, pp.167-72, 1951.

dos corpos produz diaminas, caracterizadas por alta toxicidade: a cadaverina ($C_5H_{14}N_2$) e a putrescina ($C_4H_{12}N_2$) (Figura 13), conforme comentado anteriormente, que podem ser degradados gerando NH_4^+ (MATOS, 2001).

Figura 13 - Fórmula estrutural e molecular das diaminas - putrescina e cadaverina



Fonte: Silva *et al* (2008).

Os compostos orgânicos degradáveis liberados no processo de decomposição dos corpos, também elevam os teores de fósforos, o de sais (o que aumenta a condutividade elétrica) e a acidez (COSTA & SOUZA, 2007).

Outro fator preocupante é o sepultamento de corpos que sofreram moléstia contagiosa, epidemia ou foram tratados com elementos radioativos (MIGLIORINI, 1994).

Os autores Dente & Knight (2006) ainda apontam que outro problema advém dos resíduos gerados pelas práticas de manutenção do cemitério e do funeral: restos de madeiras decorativas, roupas, urnas, caixões etc. Segundo Bocchese *et al.*(2007), alguns resíduos decorrentes dos sepultamentos e de exumações devem ter a mesma destinação dos resíduos de serviço de saúde.

Os contaminantes químicos usados nos embalsamamentos dos corpos como, por exemplo, o formaldeído, os vernizes, os conservantes de madeira e as partes metálicas dos caixões também podem contaminar o solo e a água subterrânea.

Conforme Person (1979)⁶ *apud* Pacheco (2000), na década de 70 do século passado, higienistas constataram que comunidades francesas deviam sua endemia de febre tifóide ao posicionamento de cemitérios em relação às fontes de água. Estas consistiam em poços rasos e afloramento do aquífero.

Pacheco (2000) aponta outro problema dos grandes centros urbanos brasileiros, onde há o "convívio" de cemitérios com a população de baixa renda que não dispõe de saneamento básico. Frequentemente essa população usa água a partir de poços escavados e de nascentes, que devem receber substâncias lixiviadas do solo e subsolo das necrópoles. Neste caso, a população ficará sujeita às doenças de veiculação hídrica (Quadro 4) como febre tifóide, paratifóide, cólera e outras (MATOS, 2001).

⁶ PERSON, j. Interventions réglementaires du géologue agréé en vue de la protection des eaux destinées à l'alimentation humaine. Documents du BRGM.France, 1979, 193p.

Quadro 4 - Patógenos comuns em água

Tipos	Características	Efeito
Protozoários		
<i>Cryptosporidium</i>	Resistente à cloração	Gastrenterite
<i>Entamoeba histolytica</i>	Locomove-se e alimenta-se por meio de pseudópodes	Amebíase
<i>Giardia lamblia</i>	Simetria bilateral	Gastrenterite
Bactérias		
<i>Escherichia coli</i>	Bacilo reto, gram-negativo, anaeróbio facultativo.	Diarreia e dores abdominais
<i>Legionella pneumophila</i>	Bacilo, gram-negativo, aeróbio.	Pneumonia e febre
<i>Leptospira interrogans</i>	Célula em forma de hélice flexível, gram-negativo, aeróbio.	Leptospirose
<i>Salmonella typhi</i>	Gram-negativo, anaeróbio facultativo.	Febre tifoide
<i>Shigella dysenteriae</i> , <i>S.flexneri</i>	Bacilo reto, anaeróbio facultativo, gram-negativo.	Febre intestinal, gastrenterite e disenteria.
<i>Vibrio cholerae</i>	Bacilo reto ou curvo, gram-negativo, anaeróbio facultativo.	Cólera
Vírus		
Adenovírus	Resistente no ambiente	Infecções respiratórias
Agente Norwalk	Icosaedro, inativação ocorre em pH entre três e cinco.	Gastrenterite, diarreia, vômito.
Coxsackie humano A1 a A22, A24, B1 a B6	Família Picornaviridae: Icosaedro, algumas espécies são instáveis em pH abaixo de sete.	Doenças respiratórias, erupções cutâneas, diarreia, febre.
Echo humano 1 a 27, 11 a 27, 29 a 33	Doenças associadas	Meningite, doenças respiratórias, erupções cutâneas, diarreia, febre.
Hepatite A	Muito estável resistente em meio ácido e em elevada temperatura	Hepatite e gastrenterite.
Polivírus humano 1, 2, 3	Doenças associadas	Meningite, paralisia, febre.
Reovírus 1, 2, 3	Icosaedro, mas muitos apresentam a forma esférica.	Infecções do trato respiratório superior, enterite em crianças e bebês.
Rotavírus grupo B	Icosaedro, estável até o pH 3,0 e relativamente resistente ao calor	Gastrenterite

FONTE: Modificado da OMS (1979); Keswick (1984); International Committee of Taxonomy of Virus – ICTV (1995); Madigan *et al.*, (1997), *apud* Matos (2001).

3.9.1 Parâmetros utilizados como indicadores da presença de necrochorume

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos utilizados como indicadores da presença de necrochorume, são recomendados através de estudos desenvolvidos no Brasil que teve início no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, onde tem sido investigado por Pacheco e colaboradores, desde 1980 (FUNASA, 2007), e pela OMS (World Health Organization, 1998).

Em 1986, Pacheco estudou vários cemitérios da cidade de São Paulo e alertou para a necessidade de cuidados para a implantação de cemitérios, no sentido de garantir a preservação das águas subterrâneas e a potabilidade da mesma (MATOS, 2001).

Martins *et al.*(1991) analisaram a qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios (Vila Formosa, Vila Nova Cachoeirinha na cidade de São Paulo e Areia Branca em Santos). Os resultados obtidos comprovaram contaminação bacteriológica das águas subterrâneas por microrganismos - coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais e clostrídios sulfito redutores, oriundos da decomposição humana.

Migliorini (1994) pesquisou o Cemitério de Vila Formosa no Estado de São Paulo e concluiu que a presença do cemitério contribuiu para elevar a concentração de íons, sendo o cálcio, o cátion que mais se elevou, devido à cal utilizada no cemitério. As águas apresentaram também concentrações elevadas de compostos nitrogenados, que teve sua origem mais provável no processo de decomposição dos corpos, com participação da contaminação bacteriológica. Ocorreu ainda o aparecimento de metais (ferro, cromo, prata, manganês e alumínio) com valores acima dos limites permitidos para o consumo humano, sendo esses metais originários, provavelmente, das tintas e vernizes desprendidos dos caixões.

A WHO (1998) demonstrou preocupação com o impacto que os cemitérios poderiam causar ao meio ambiente, devido o aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a presença eventual de microrganismos patogênicos. Constatou o aumento da condutividade elétrica e sais minerais nas águas subterrâneas no cemitério Botany na Austrália, ressaltando a necessidade de mais pesquisas sobre o assunto.

Marinho (1998) constatou a presença de produtos nitrogenados e bactérias nas águas subterrâneas do Cemitério São João Batista, Fortaleza-Ceará, e relacionou os resultados obtidos com o processo de decomposição dos corpos.

Matos (2001) estudou o Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, no município de São Paulo, e constatou que as bactérias heterotróficas, os clostrídios sulfito-redutores, e as bactérias proteolíticas são bons indicadores das alterações das águas subterrâneas dos cemitérios. Concluiu também que as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas no cemitério são as sepulturas com menos de um ano, localizadas próximas ao nível freático, e que as bactérias são transportadas alguns metros, diminuindo em concentração com o aumento da distância à fonte de contaminação. Os vírus parecem ter uma mobilidade maior que as bactérias, alcançando, no mínimo, algumas dezenas de metros no aquífero estudado.

Espindula (2004) pesquisou o Cemitério da Várzea na cidade do Recife, concluindo que o referido cemitério pode ser considerado como responsável pela elevada densidade de microrganismos nas águas subterrâneas, sobressaindo as bactérias heterotróficas, os clostrídios sulfito-redutores e as bactérias proteolíticas. As águas próximas às áreas dos sepultamentos recentes apresentaram condutividade elétrica mais elevada, sendo que o íon potássio e alguns metais como: ferro, manganês e chumbo, apresentaram teores acima do recomendado pela legislação.

Em Maceió os estudos relacionados ao tema foram iniciados por Santos *et al.* (2007), através do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas nas proximidades dos cemitérios da parte baixa da cidade. Nesse estudo, foi sugerido como fator principal de contaminação o contato do lençol freático com o necrochorume.

Com base nos estudos desenvolvidos e na Resolução CONAMA nº 335 de 28 de maio de 2003 e suas alterações (Resolução CONAMA nº 368/06 e Resolução CONAMA nº 402/08), além da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, foram utilizados alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos como indicadores da presença de necrochorume, e comentados a seguir.

3.9.1.1 Parâmetros físicos

Cor: a coloração da água normalmente provém das substâncias húmicas, resultado do contato desta com detritos orgânicos, em diferentes estágios de decomposição (APHA, 1998). A cor também pode ser atribuída à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solos (PIVELI & KATO, 2005). Sua origem natural não representa risco direto à saúde, mas a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos cancerígenos. Sua origem antropogênica provém de resíduos industriais e esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005).

Pode ser expressa como aparente ou verdadeira. A cor verdadeira é medida com amostra de água após remoção das partículas em suspensão, por processo de filtração ou centrifugação, ou seja, sem influência da turbidez.

Turbidez: é uma característica da água causada pela presença de partículas: em estado coloidal, em suspensão, da matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e vários organismos microscópicos. Ela expressa, simplificada, a transparência da água. Águas represadas comumente apresentam turbidez mais reduzida, decorrente da sedimentação das partículas em suspensão. Representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, provocado pela presença de materiais em suspensão que causam a absorção e o espalhamento da luz, conferindo uma aparência turva à água (VON SPERLING, 2005; PIVELI & KATO, 2005). Tem origem natural nas partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos, e antropogênica, como o lançamento dos despejos domésticos e industriais, e erosão (VON SPERLING, 2005).

Para água de abastecimento tem importância pelo aspecto estético. Nos processos de desinfecção, as partículas responsáveis pela turbidez servem de abrigo para os microrganismos que se protegem da ação do desinfetante.

Temperatura: é a medida da intensidade de calor. Sua elevação aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, diminui a solubilidade dos gases na água e aumenta a taxa de transferência de gases, podendo gerar odores desagradáveis, quando há gases que liberam esse tipo de cheiro (VON SPERLING, 2005).

Nas águas subterrâneas a amplitude térmica anual geralmente é baixa (1 a 2°C) e não depende da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos pouco profundos, onde a

temperatura da água subterrânea é um pouco superior à da superfície (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Condutividade elétrica: é a capacidade de uma substância conduzir corrente elétrica, em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É expressa em microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Um corpo d'água rico em compostos húmicos e com pH baixo pode apresentar altos valores de condutividade elétrica (ESTEVES, 1998).

Enquanto as águas naturais apresentam valores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os teores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BRASIL, 2006a).

Sólidos: a água pode conter sólidos suspensos e dissolvidos. Quando submetida à filtração em membrana com diâmetro de poro menor ou igual a 2,0 μm , o material retido pelo filtro representa os sólidos totais suspensos e o que passou é denominado de sólidos totais dissolvidos. A quantidade e a natureza da matéria dissolvida e suspensa em amostras líquidas variam muito. Em águas potáveis a maior parte da matéria está na forma dissolvida e consiste, principalmente, de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. O teor de sólidos totais dissolvidos de águas para consumo humano geralmente varia de 20 a 1000 mg/L (SAWYER *et al.*, 2003).

3.9.1.2 Parâmetros químicos

pH: é o termo utilizado mundialmente para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução. É a forma de expressar a concentração de íons hidrogênio, ou mais precisamente, a atividade dos íons hidrogênio. Seu valor para água pura a 25°C é igual a 7,0 e varia entre 0,0 e 7,0, em meio ácido, e entre 7,0 e 14,0 em meio alcalino. Tem grande importância para o meio ambiente, porque muitas reações químicas são intensamente afetadas pelo seu valor (SAWYER *et al.*, 2003).

As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve estar situado normalmente entre 6 a 9. No entanto existem várias exceções provocadas por influências naturais (rios de cores intensas). Nessa circunstância, o

pH das águas é sempre ácido (4 a 6, nos rios amazônicos). Podem também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química de suas águas (alguns lagos africanos nos quais o pH ultrapassa o valor de 10) (BRASIL, 2006b).

Estudos indicam que quando o pH do solo for superior a 7,0, a fração de bactérias e vírus retidos pelo solo diminui acentuadamente (WHO, 1998).

Cálcio: é o elemento químico mais abundante na maioria das águas e rochas da terra, o seu teor pode ser utilizado para caracterizar o grau de “dureza”, que reflete o teor de íons cálcio e magnésio (ESTEVES, 1998). Ocorre principalmente nos minerais calcita, aragonita e dolomita nas rochas calcárias, enquanto nas rochas ígneas a maior fonte de cálcio são: o plagioclásio e a apatita. Nas águas meteóricas (águas encontradas na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos) variam de 0,1 a 10 mg/L (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Na agricultura é eficaz para o crescimento dos vegetais, sua abundância em águas para irrigação tende a favorecer a redução da alta concentração de sódio no solo, nas águas subterrâneas os teores de cálcio oscilam, em geral entre 10 e 100mg/L (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

No corpo humano tem a seguinte função: Manter os ossos saudáveis, atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência provoca: o raquitismo e a osteoporose, seu excesso, dores musculares, fraquezas, sede, desidratação, enjoo e pedra nos rins. Sua ingestão em demasia pode causar o envelhecimento das células (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Cloretos: na forma de íon cloreto (Cl^-) é um dos principais ânions inorgânicos em efluentes de água (APHA, 1998). Todas as águas naturais contêm íons resultantes da dissolução de minerais. O cloreto também pode estar presente na água através da intrusão salina, dos despejos domésticos e industriais ou através das águas utilizadas em irrigações (VON SPERLING, 2005).

Provoca sabor “salgado” na água sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações de 250 mg/L. Os cloretos provocam corrosão em estruturas hidráulicas, influenciam nas características dos sistemas aquáticos naturais,

causando alterações na pressão osmótica em células dos microrganismos (PIVELI & KATO, 2005).

Os cloretos constituem um indicador auxiliar de poluição ou contaminação. Em águas para consumo humano, a concentração de cloretos está diretamente associada à alteração de sabor. Os cloretos presentes na água que alteram sabor são, principalmente, os de sódio, potássio e cálcio, em concentrações superiores a 200 – 300 mg/L. Não são removidos por processos convencionais de tratamento, sendo necessários processos especiais, tais como osmose reversa ou eletrodialise (BRASIL, 2006b).

Nitrito: é uma das formas de nitrogênio presentes nos ambientes aquáticos, encontrado em baixas concentrações em ambientes oxigenados. Em ambientes anaeróbios, pode ser encontrado em altas concentrações. Representa uma fase intermediária entre amônia e nitrato. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

Nitrato: o nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas, dependendo da formação geológica local (APHA, 1998).

Representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente de resíduos da atividade humana e é altamente móvel nas camadas de solo podendo chegar até o lençol freático (BOWER⁷, 1978 *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). Concentrações acima de 5 mg/L nas águas subterrâneas indicam a contaminação por atividades antrópicas tais como presença de esgotos, fossas sépticas, uso de fertilizantes nitrogenados, atividade cemiterial, disposição inadequada de resíduos sólidos (lixões) e outras (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). O nitrato está associado a graves problemas de saúde como a metaemoglobinemia. Uma vez ingerido com a água, é reduzido à nitrito no sistema digestivo. O nitrito então interage com a hemoglobina e compete com o oxigênio, dificultando a oxigenação dos tecidos (SAWYER *et al.*, 2003). Este efeito é mais grave em crianças e conhecido como cianose infantil ou síndrome do bebê azul. O nitrito proveniente da redução do nitrato também pode interagir quimicamente ou enzimaticamente com aminas, dando origem às

⁷ BOWER.H. **Ground Water hidrology**. NewYork: McGraw-Hill Book Company, 1978, 480p.

nitrosaminas que são altamente cancerígenas (CHOI & VALENTIN, 2002⁸; ALEXANDER, M., 1994⁹, *apud* SAWYER *et al.*, 2003). Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2011) a ingestão de água proveniente de poços com elevada concentração de nitratos está relacionada à incidência do câncer gástrico.

Sulfato: o íon sulfato é um dos principais ânions que ocorrem em águas naturais, tem grande importância na água de abastecimento devido ao seu efeito laxativo sobre os seres humanos quando está presente em quantidades excessivas. É indiretamente responsável por dois graves problemas, muitas vezes associados à manipulação e tratamento de águas residuárias, são eles: odor e corrosão das tubulações de esgoto, problemas resultantes da redução de sulfato para sulfeto de hidrogênio em condições anaeróbias (SAWYER *et al.*, 2003).

Segundo Esteves (1988) as fontes de enxofre para os ambientes aquáticos são principalmente três: a decomposição de rochas, chuvas (lavagem da atmosfera) e agricultura (através da aplicação de adubos contendo enxofre). Nas águas subterrâneas a presença de SO_4^{-2} está associada à dissolução de solos e rochas como o gesso (CaSO_4), o sulfato de magnésio (MgSO_4) e oxidação de sulfeto como a pirita (sulfeto de ferro) (PIVELI & KATO, 2005). Entretanto, a degradação de matéria orgânica (proteínas) também pode ser fonte do íon sulfato.

As águas subterrâneas geralmente apresentam teores de sulfato inferiores a 100 mg/L principalmente na forma de SO_4^{-2} e HSO_4^- (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

3.9.1.3 Indicadores microbiológicos de contaminação

A maneira mais segura para verificar a qualidade sanitária da água é a pesquisa por organismos indicadores de contaminação fecal. Um bom indicador de contaminação deve atender aos seguintes requisitos (WHO, 1993): (i) devem estar presentes em grande número nas fezes de seres humanos e animais de sangue quente, (ii) facilmente detectáveis através de métodos simples, (iii) não devem crescer em águas naturais, e (iv) sua persistência em

⁸ CHOI; VALENTINE, R. L. Formation of N-nitrosodimethylamine (NDMA) from reaction of monochloramine: a new disinfection by-product. **Water Research**, 36: 817-824, 2002.

⁹ ALEXANDER, M. **Biodegradation and Bioremediation**. Academic Press, San Diego, 1994.

água e seu grau de remoção durante o tratamento da água devem ser semelhantes aos dos patógenos.

Apesar de serem predominantemente não patogênicos, esses organismos (coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas) dão uma indicação de contaminação da água por material fecal (humano ou de animais), e, portanto, demonstram a potencialidade que a água tem em transmitir doenças.

Alguns dos indicadores de contaminação da água utilizados na presente pesquisa serão comentados a seguir.

Coliformes totais: as bactérias do grupo coliforme são Gram-negativas, não formadoras de esporos, aeróbias ou anaeróbias facultativas, que fermentam lactose, produzindo ácido e gás (BRASIL,2006a). Tradicionalmente, as bactérias coliformes foram consideradas como pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. No entanto, tal como definido pelos modernos métodos taxonômicos, o grupo é heterogêneo (WHO, 1993). As bactérias do grupo coliformes compreendem mais de 30 microrganismos taxonomicamente diferentes. Os gêneros *E.coli* e *Enterobacter* estão entre os mais importantes do grupo (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

Uma vez que os coliformes totais podem ser isolados em amostras de águas e solos, poluídos ou não, assim como de fezes de humanos e animais, não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal. Dessa forma, os coliformes totais poderiam ser entendidos, de uma maneira simplificada, como coliformes ambientais, por sua possível incidência em águas e solos não contaminados, e por representarem outros organismos de vida livre, e não intestinal (VON SPERLING, 2005).

No intestino humano e nos animais de sangue quente, as bactérias do grupo coliformes estão presentes, e são eliminadas nas fezes em números elevados ($10^6 - 10^8/g$) (BRASIL, 2005).

Escherichia coli: a bactéria *Escherichia coli* é um membro da família *Enterobacteriaceae*, caracterizada por possuir as enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase. Cresce a temperatura de 44 a 45 °C, em meios complexos, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás. É abundante em fezes humanas e de animais, onde pode atingir concentrações de 10^9 /grama de fezes frescas. É encontrada em esgotos, efluentes tratados,

e todas as águas naturais e solos sujeitos à contaminação fecal recente, tanto dos seres humanos quanto de animais selvagens e aves. É o indicador de primeira escolha quando os recursos para exames microbiológicos são limitados (WHO, 1993), e o único que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal.

Mesmo em mananciais bem protegidos não se deve desconsiderar a presença de *E. coli*, pois no mínimo indicaria a contaminação por animais silvestres, que podem ser reservatórios de agentes patogênicos aos seres humanos (BRASIL, 2006a).

Clostrídios sulfito-redutores: São bactérias anaeróbias, formadoras de esporos, dos quais o mais característico é *Clostridium perfringens*. Estes são bacilos curtos, Gram-positivos, anaeróbios obrigatórios ou estrictos (são inibidos ou mortos pelo oxigênio), imóveis, esporogênicos (esporos ovais, com localização central ou subterminal). Não produzem catalase; fermentam a lactose, manose e sacarose com produção de gás, apresentam fraca fermentação da celobiose, manitol e salicilina, e fermentação turbulenta do leite. Produzem lecitinase, gelatinase e fosfatase ácida; reduzem o sulfito a sulfeto de hidrogênio (H₂S) e o nitrato a nitrito. A temperatura ótima para o seu desenvolvimento é de 45°C, podendo crescer entre 20 °C e 50°C (CETESB, 1993).

Clostridium perfringens: está normalmente presente nas fezes, embora em número muito menor do que *E. coli*. No entanto, não são de origem exclusivamente fecal e podem ter origem de outras fontes ambientais. Quando na forma de esporos, sobrevivem na água por muito mais tempo do que os organismos do grupo coliforme e resistem à desinfecção. Devido à sua longevidade, são considerados indicadores de contaminação intermitente ou remota (WHO, 1993).

Bactérias heterotróficas: a contagem de bactérias heterotróficas (genericamente definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes) fornece informações sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla. Estas podem ser de origem fecal, componentes da flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição, sendo que algumas podem ser patogênicas oportunistas. Entre os fatores que podem favorecer a formação de biofilmes, sobressaem: temperatura elevada, estagnação de água em trechos de baixo consumo, como

em pontas de rede, disponibilidade de nutrientes ou baixas concentrações de residual desinfetante (BRASIL, 2005).

Bactérias proteolíticas: são normalmente utilizadas na microbiologia de alimentos como decompositoras de proteínas. A categoria abrange várias espécies tanto cocos como bacilos, assim como de crescimento aeróbio e anaeróbio. Encontram-se nesse grupo os gêneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas* e *Proteus* (APHA, 1998).

O crescimento de algumas bactérias no leite cru, dentre elas *Pseudomonas aeruginosa*, associados à produção de enzimas proteolíticas termorresistentes é responsável pela gelatinização ou perda de sabor no leite pasteurizado ou esterilizado (MACHADO, 2006).

Alterações no gosto e aroma dos alimentos podem ser produzidas pela ação de enzimas de microrganismos proteolíticos. Alguns psicrófilos (são bactérias capazes de se desenvolverem em temperaturas abaixo de 7°C) deteriorantes são fortemente proteolíticos, causando alterações em produtos cárneos, laticínios e pescados. Em alguns alimentos, o número de proteolíticos pode esboçar o tempo de vida do produto estocado sob refrigeração e avaliar o processamento tecnológico (DAMASCENO, 2009).

Segundo Martins *et al.* (1991), as bactérias proteolíticas são capazes de decompor ou hidrolisar a gelatina, fazendo-a perder suas características geleificantes.

3.9.2 Aspectos Legais da Atividade Cemiterial

3.9.2.1 Âmbito Federal

No Brasil a atividade cemiterial é regida pela Resolução CONAMA 335, de 28 de maio de 2003 e suas alterações (Resoluções CONAMA 368/2006 e 402/2008). Segundo a Resolução 335, os cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no país devem requerer licença ambiental para funcionarem, visto que é uma atividade que causa risco ambiental.

A Resolução estabelece critérios mínimos que devem ser integralmente cumpridos na confecção dos projetos de implantação dos cemitérios, como forma de garantir a decomposição normal do corpo e proteger as águas subterrâneas da infiltração do necrochorume. Algumas recomendações constantes na referida legislação estão listadas a seguir:

- O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Nos terrenos onde a condição prevista anteriormente não puder ser atendida, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno;
- Devem ser adotadas técnicas e práticas que permitam a troca gasosa, proporcionando, assim, as condições adequadas à decomposição dos corpos, exceto nos casos específicos previstos na legislação;
- A área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério, recuo que deverá ser ampliado, caso necessário, em função das características hidrogeológicas da área;
- A área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;
- O perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;
- Os corpos sepultados poderão estar envoltos por mantas ou urnas constituídas de materiais biodegradáveis, não sendo recomendado o emprego de plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente;
- Os resíduos sólidos, não humanos, resultantes da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.

Assim, todos os cemitérios, deveriam se adequar à referida Resolução até dezembro de 2010 (no momento não houve prorrogação desse prazo), e o descumprimento desta implicaria em penalidades ao infrator previstas na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98) e em outros dispositivos normativos pertinentes, sem prejuízo do dever de

recuperar os danos ambientais causados, na forma do Art.14, §1º, da Lei nº 6.938/81(Política Nacional do Meio Ambiente).

3.9.2.2 Âmbito Estadual

No Estado de Alagoas as águas subterrâneas são regidas pela Lei Estadual nº 7.094/2009 que dispõe sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas de domínio no Estado e dá outras providências.

O Art. 10 refere-se à conservação e à proteção das águas subterrâneas, o seu uso racional e as medidas de controle da poluição e seu equilíbrio. Para que a efetiva conservação e proteção aconteçam, segundo o Art. 14, deverá ser realizado monitoramento permanente da quantidade e qualidade dessas águas.

Para a implantação e ampliação de empreendimentos, inclusive os cemitérios ou outras fontes impactantes nas águas subterrâneas, que tragam periculosidade e risco à saúde pública, conforme o Art. 15 deverá ser realizado estudo sobre a caracterização da hidrogeologia local e regional, medidas de proteção (emergenciais) e recuperação a serem adotadas pelo órgão ambiental e pelo órgão gestor de recursos hídricos.

3.9.2.3 Âmbito Municipal

No município de Maceió, as bases legais relativas ao tema estão presentes na Lei nº 4.548/1996 - Código Municipal do Meio Ambiente, Lei nº 3.538/1985 - Código de Posturas do Município de Maceió, Lei nº 5.593/2007 - Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió e na Lei Orgânica do Município de Maceió.

O Código de Postura do Município de Maceió tem por objetivo definir as normas que disciplinam a vida social urbana e os deveres dos cidadãos em relação à comunidade e a administração pública municipal. Em seu Art. 5º estabelece que compete à Prefeitura zelar pela higiene pública, visando a melhoria das condições do meio ambiente, da saúde e do bem-estar da população.

O capítulo XV refere-se à construção de cemitérios públicos e particulares, dispõe sobre a autorização, organização, paisagismo, utilização das sepulturas e limpeza dos cemitérios, dentre outras. O Art. 136 menciona que todo cemitério particular deverá ser cercado por muro com altura de 2,20 m (dois metros e vinte centímetros), além de isolado

por logradouros públicos.

O Art. 137 descreve a obrigatoriedade dos cemitérios em quadras, separadas umas das outras por meio de avenidas, ruas paralelas e perpendiculares.

O ajardinamento e a arborização do recinto deverão dar o melhor aspecto paisagístico, mas não leva em consideração se a arborização prejudicará os túmulos, com rachaduras provocadas pelas raízes, o que pode resultar em vazamento do necrochorume.

Estabelece a obrigatoriedade do ladrilhamento do solo em volta das sepulturas e dos carneiros com o alinhamento e numeração, acrescenta também que os restos de materiais provenientes de obras, conservação e limpeza de túmulos, deverão ser removidos para fora do recinto do cemitério, imediatamente após a conclusão das obras.

O Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió, Lei nº 5.593/07, possui o capítulo IV da seção XIII destinada à implantação de cemitérios. Segundo o referido documento, os cemitérios implantados no município de Maceió deverão localizar-se em pontos elevados de forma a assegurar que, em caso de enchentes, as águas não venham a alcançar o fundo das sepulturas

Estabelece ainda que a área mínima para implantação do empreendimento é de 30.000 m² (trinta mil metros quadrados) e possuirão, no mínimo, 3.000 (três mil) sepulturas. Deverá estar separado das propriedades adjacentes por vias.

O projeto de cemitério urbano deverá conter sistema viário interno com vias dotadas da largura mínima de 6 m (seis metros), instalações próprias destinadas a velórios, ossários e administração. É permitida a instalação de crematório, segundo as normas estabelecidas pelo órgão municipal ambiental.

Enquanto não houver legislação municipal específica, não será permitida a instalação de cemitério vertical no município de Maceió.

3.9.3 Rede de monitoramento

O Brasil não possui uma rede de monitoramento nacional de qualidade das águas subterrâneas. No ano de 2010 a Resolução do CNRH nº 107, veio estabelecer diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação da Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas.

O Art. 2º cita que a Rede Nacional de Águas Subterrâneas deverá ser planejada e coordenada pela Agência Nacional de Águas-ANA e implantada, operada e mantida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, ambas instituições em articulação com os órgãos e entidades gestores de recursos hídricos dos estados e do Distrito Federal.

Diz ainda que as informações geradas por essa rede de monitoramento serão incorporadas ao SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos).

Os pontos de monitoramento devem considerar vários fatores dentre eles: o uso e a ocupação do solo (uso da água para abastecimento público); caracterização geológica; caracterização hidrogeológica (tipo de aquífero; zonas de recarga/descarga), hidrogeoquímica (águas subterrâneas alteradas por ações antrópicas) e vulnerabilidade natural dos aquíferos (risco de poluição das águas subterrâneas e áreas contaminadas).

Os parâmetros a serem analisados seriam selecionados a partir da Resolução CONAMA nº 396/2008. A Resolução nº 92 do CNRH/2008, estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro, oferece um subsídio para a aplicação da resolução anterior. O Art. 10 recomenda que programas de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas devem ser implantados dando ênfase a algumas áreas:

- Proteção; restrição e controle; influência de empreendimentos que apresentem potencial de poluição e risco de contaminação; risco geotécnico; superexploração; intrusão marinha; recarga e descarga; e recarga artificial.

Esta rede de monitoramento está prevista no capítulo III (Do Banco de Dados Ambientais) Art. 27 do Código Municipal de Meio Ambiente de Maceió (Lei nº 4.548/1996), segundo o qual a secretaria manterá um banco de dados ambientais com informações relativas ao meio ambiente, contendo o resultado de estudos, pesquisas, ações de fiscalizações, estudos de impacto ambiental, autorizações e licenciamentos, monitoramentos e inspeção.

A rede de monitoramento poderá ser custeada pelo fundo de proteção ambiental conforme o Art. 85 - O Fundo de Proteção Ambiental, instituído pelo Art. 167 da Lei Orgânica do Município e regulamentado pelo Decreto nº 5.191, de 13 de setembro de 1.993, tem o

objetivo de custear programas e projetos de melhoria da qualidade do meio ambiente no Município de Maceió.

Esta rede poderá ser criada na cidade de Maceió com o intuito de monitorar os cemitérios públicos e particulares, utilizando os poços já existentes ou outros a serem perfurados:

Dentro dos cemitérios:

- A montante dos cemitérios, para que possam ser utilizados como referência (ou parâmetro);
- A jusante dos cemitérios, pois os contaminantes podem ser lixiviados principalmente no período chuvoso (considerando o fluxo subterrâneo do local).
- A medição do nível do aquífero, as análises físico-químicas e os exames microbiológicos, poderão ser realizados trimestralmente, considerando um período seco e outro chuvoso.

Com a criação dessa rede de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas, a cidade de Maceió poderá ter um melhor planejamento, avaliação das situações ambientais e da saúde pública.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas, Brasil, originou-se de um engenho de açúcar às margens da lagoa de Mundaú, chamado Maçayó, nome esse vindo do Tupi “Maçaió-K” ou o que “tapa o alagadiço” (IBGE, 2010).

Fundada em 5 de dezembro de 1815, quando foi desmembrada da Vila das Alagoas, passando à condição de povoado em 29 de dezembro de 1816. Tornou-se capital da província de Alagoas, pela Resolução Provincial nº 11, no dia 9 de dezembro de 1839 (IBGE, 2010).

4.1 Localização

Localizada na América do Sul no nordeste brasileiro, na parte central da faixa litorânea do Estado de Alagoas, Maceió está inserida na mesorregião do leste alagoano com uma população de 932.748 habitantes (IBGE, 2010), situada entre o oceano Atlântico e o complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Figura 14).

Estende-se entre os paralelos 09°21'31" e 09°42'49" de latitude sul e os meridianos 35°33'56" e 35°38'36" de longitude oeste, ocupando uma área de, aproximadamente, 514 km², o que corresponde a 1,76% do território alagoano (COMDEC,2007).

Está limitada ao Norte com os municípios de Paripueira, Flexeiras e Messias; ao Sul, com Satuba, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte e Marechal Deodoro; a leste, com o Oceano Atlântico; e a oeste, com Messias, Rio Largo e Satuba (COMDEC,2007).

Figura 14 - Localização da cidade de Maceió



Fonte: www.wikipedia.org

4.2 Clima

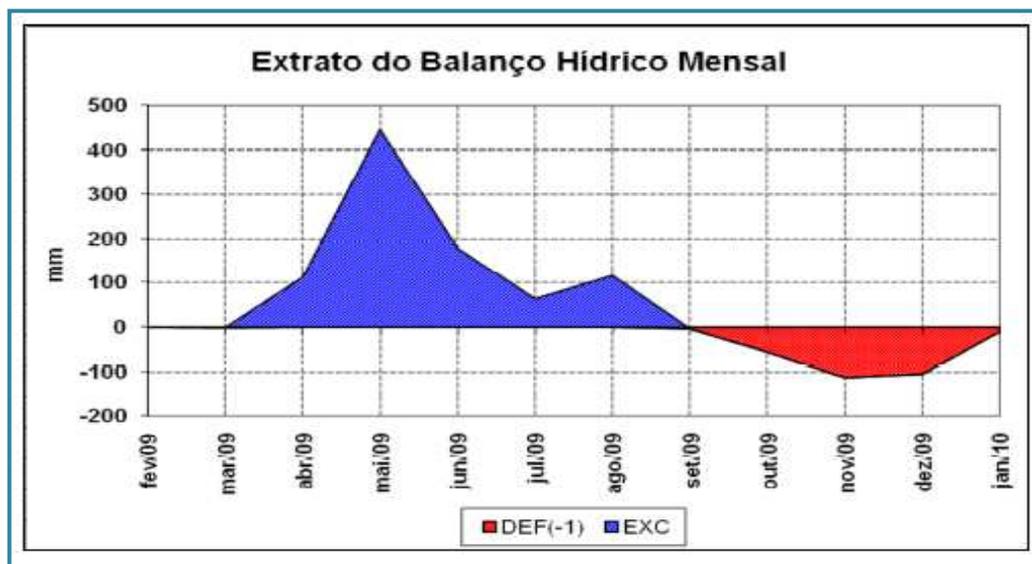
De acordo com a classificação de Köppen (1936)¹⁰ *apud* SEMARH (2010), a cidade de Maceió possui um clima tropical chuvoso com verão seco e temporada chuvosa com início em abril e término em agosto, sendo o período mais intenso de chuva nos meses de maio e julho, com 400 mm e 200 mm, respectivamente. Possui precipitação anual em torno de 1.570,9 mm (SEMARH, 2010).

A temperatura média anual é de 24° C, com elevada umidade relativa do ar, entre 75% e 82% durante o ano (ROCHA *et al.*, 2005).

Nas Figuras 15 e 16 estão indicados os balanços hídricos para o município de Maceió, AL realizados pela SEMAHR (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos).

Para a geração dos gráficos, a SEMAHR utiliza dados de quatro pluviômetros convencionais pertencentes à usina Cachoeira, Corpo de bombeiros, Riacho doce e Jacarecica (localizados a 9,62° S e 35,70° W) e uma estação automática na UFAL, pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

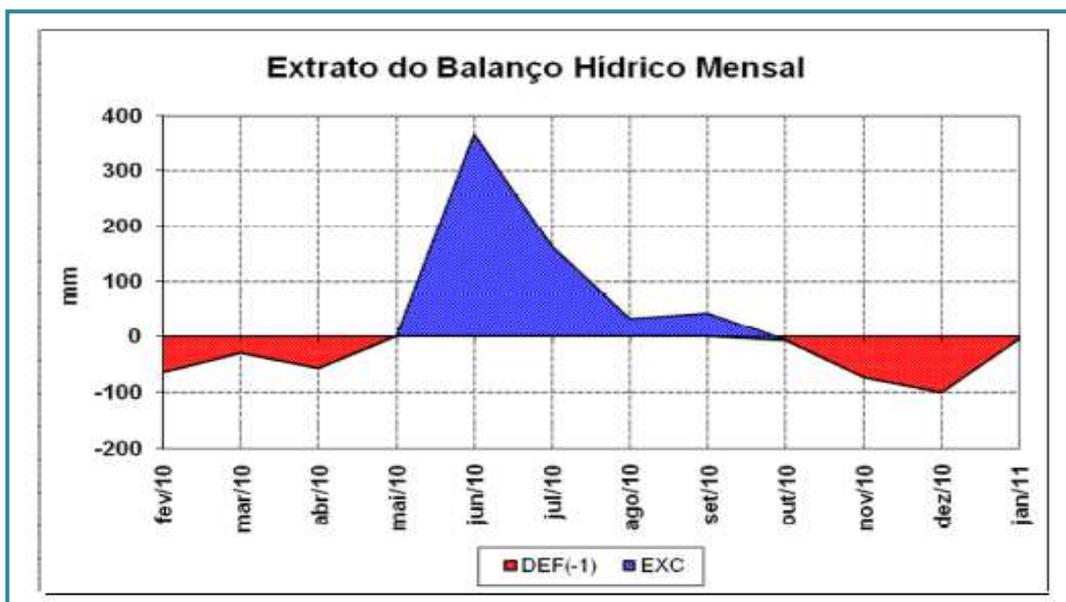
Figura 15 - Balanço hídrico para o mês de janeiro de 2010 no município de Maceió – AL



Fonte: www.semahr.al.gov.br

¹⁰ KÖPPEN, W.. Das geographischa System der Klimate. Gebr, Borntraeger. 1936. 1-44.

Figura 16 - Balanço hídrico para o mês de janeiro de 2011 no município de Maceió - AL



Fonte: www.semahr.al.gov.br

Observando a Figura 15, o município de Maceió apresentou índices elevados de excesso hídrico de abril a junho de 2009, com picos nos meses de maio e agosto de 2009. O período compreendido entre setembro de 2009 e janeiro de 2010 corresponde à temporada de déficit hídrico com menor valor no mês de novembro (abaixo de 100 mm).

Na Figura 16, o município de Maceió apresentou excesso hídrico de maio a agosto de 2010, com picos nos meses de julho e setembro de 2010. O período compreendido entre fevereiro e abril de 2010, e outubro de 2010 a janeiro de 2011, corresponde ao período de déficit hídrico.

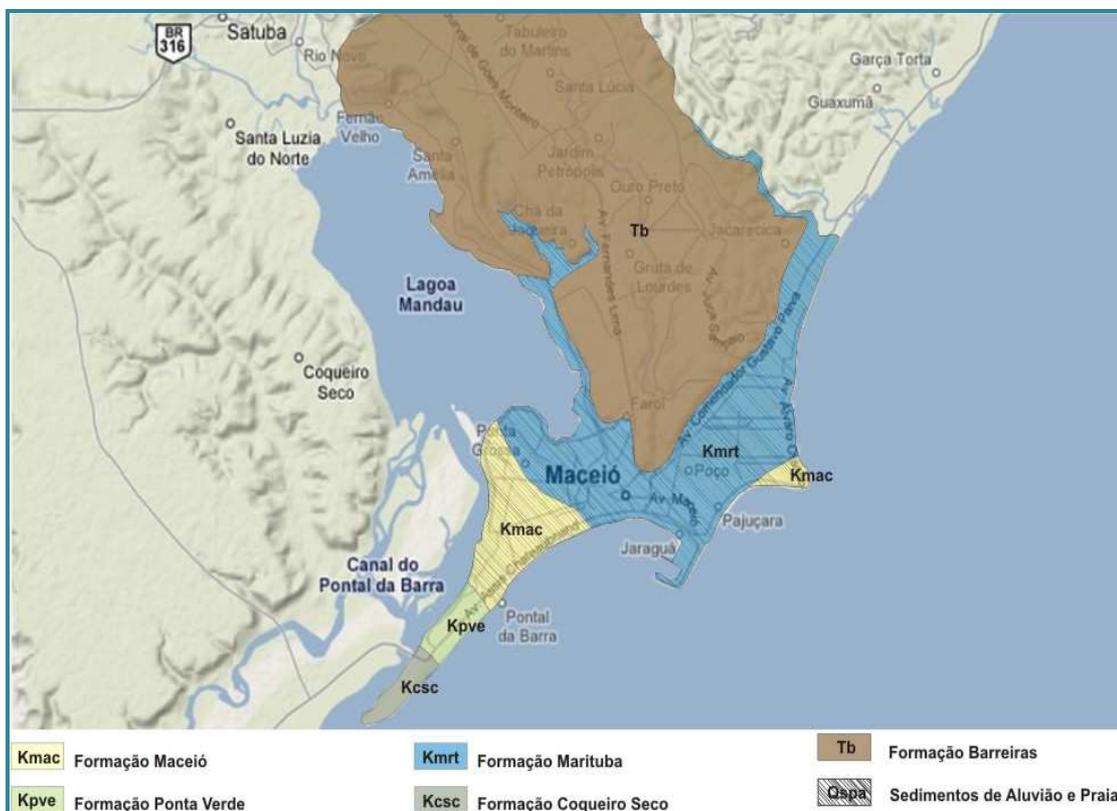
4.3 Caracterização geológica da área de estudo

A Bacia de Alagoas, na qual está inserida Maceió, abrange uma faixa costeira estendida com dimensões médias de 220 km de comprimento e 40 km de largura, limitando-se ao norte com o Alto de Maragogi da Bacia Pernambuco-Alagoas, e ao sul com o Alto de Japoatã-Penedo da Bacia de Sergipe (ROCHA *et al.*, 2005).

Conforme a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH, 2004), a geologia local tem quatro unidades litoestratigráficas: Sedimentos de Praia e Aluvião, Formação Barreiras, Grupo Coruripe (Formação Coqueiro Seco, Ponta Verde

e Formação Maceió) e Grupo Piaçabuçu (Formação Marituba), indicadas na Figura 17.

Figura 17 - Geologia de Maceió



Fonte: Lima, Pedrosa e Rocha (2008).

A área de estudo está inserida na unidade litoestratigráfica Sedimentos de Praia e Aluviões.

Esta unidade tem uma litologia variável conforme o ambiente de deposição. Predomina areias cinza-claras, ligeiramente amareladas, com granulometria de finas a grosseira nas planícies costeiras entre as falésias da Formação Barreiras e o mar. Nas planícies aluviais ao longo dos rios é composta por areiais, argilas, e, localmente, cascalhos. Nas zonas de alagadiços e nos canais dos rios sujeitos à influência das marés, está constituída por sedimentos paludiais ou lacustres com argilas arenosas. Os arrecifes são do tipo barreiras formadas por arenitos com cimento calcífero. Sua espessura é bastante variável com em média de 10 metros nas planícies costeiras e, 20 metros nas margens dos rios (SEMARH, 2004).

4.4 Sistema aquífero da área de estudo

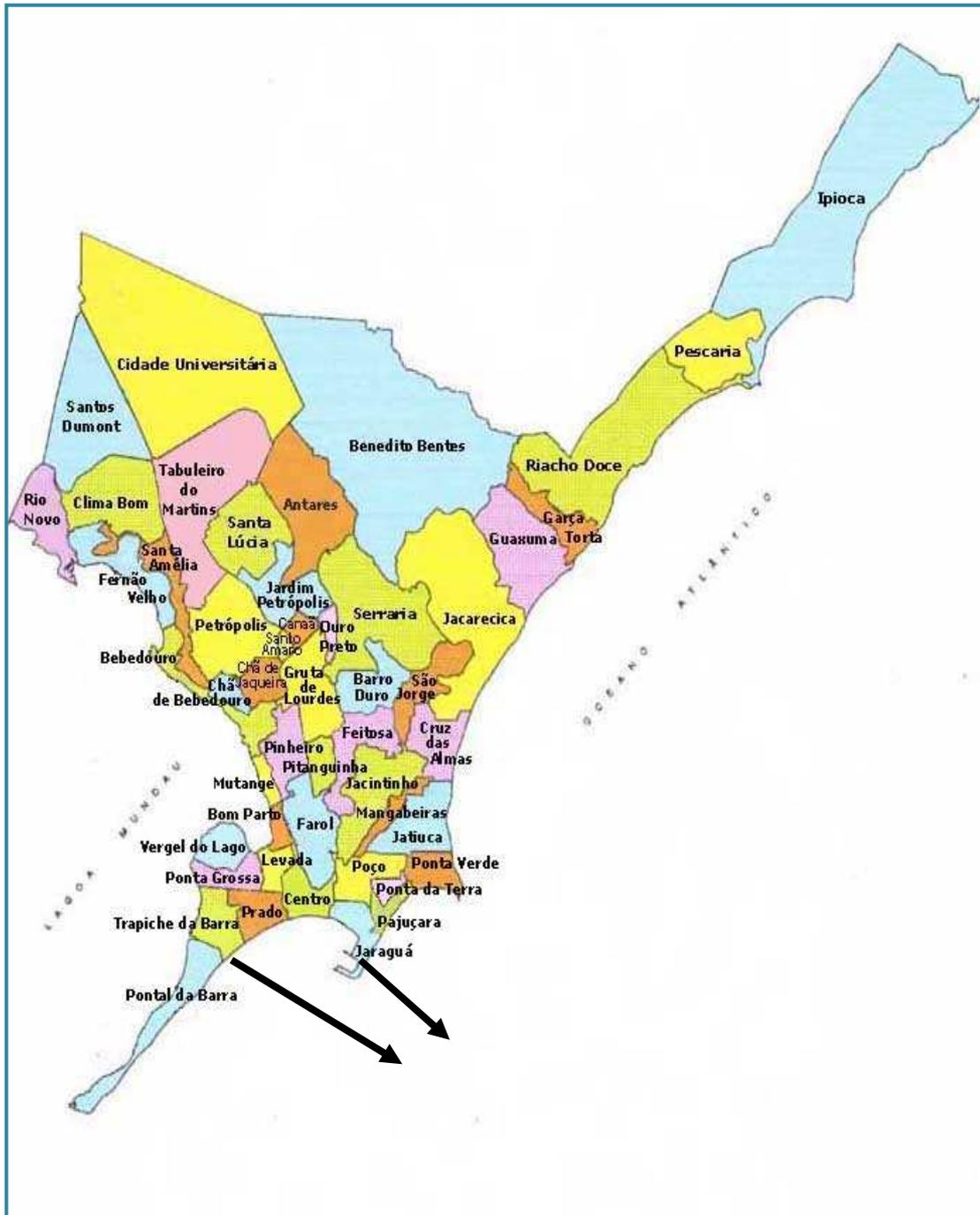
O Sistema aquífero da área de estudo é o quaternário Sedimentos de Praia e Aluvião que constituem um sistema aquífero onde são englobadas todas as coberturas de origem coluvial (são solos encontrados em declives e originam-se de misturas de fragmentos minerais da rocha subjacente com partículas transportadas de áreas mais elevadas) e eluvial (são solos de formação local e, por conseguinte autóctones, não sendo influenciado pelo transporte de partículas minerais da circunvizinhança). Esses sedimentos foram agrupados em uma única unidade hidrogeológica, devido à difícil separação dos depósitos com as mais variadas litologias (SEMARH, 2004).

Segundo a SEMARH (2004), os sedimentos de praia e aluvião mostram grande importância hidrogeológica em áreas localizadas e restritas, principalmente na zona litorânea e nas margens das lagoas, onde são explotados através de poços rasos (tipo cacimbas ou amazonas). Em função das suas características de aquífero superficial e permeável, é muito vulnerável à contaminação. É alimentado diretamente pelas águas das chuvas e dos rios, em épocas de cheias.

Os perfis dos poços perfurados na planície costeira por Rocha, Campos e Cavalcante (2005), mostram que os sedimentos de praia e aluvião são constituídos por areias variadas, com níveis de argilas orgânicas, turfas, paleocorais e limos de origem continental ou marinha.

Os cemitérios públicos em estudo estão localizados nos bairros, Jaraguá e no Trapiche da Barra (Figura 18), na parte baixa da cidade de Maceió, fazendo parte dos Sedimentos de Praia e Aluviões, inseridos nas áreas consideradas de vulnerabilidade moderada.

Figura 18 - Cidade de Maceió com seus bairros



Fonte: www.sempla.maceio.al.gov.br

5 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de estudo foi desenvolvida em cinco etapas: a primeira consistiu no levantamento da bibliografia relacionada ao tema; a segunda, na identificação de poços na área estudada; a terceira, na avaliação dos aspectos ambientais dos cemitérios, utilizando o código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió Lei nº 5.593/07, o código de Posturas do Município de Maceió Lei nº 3.538/85, e a Resolução CONAMA, 335/2003 e suas alterações; a quarta etapa, na medição do nível estático e amostragem de água subterrânea para as análises físico-químicas e exames bacteriológicos; a quinta etapa foi a análise e interpretação dos resultados de laboratório, sob a ótica da legislação existente sobre o assunto (Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde e Resolução, 335/2003 e suas alterações nº 368/06 e nº 402/08).

5.1 Poços Monitorados

Para a pesquisa foram escolhidos quatro poços, já existentes, de coletas de água subterrânea, um localizado a montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo (P1) outro no interior do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo (P2) e dois no interior do Cemitério São José (P3 e P4).

Na Tabela 5 estão indicados os poços de monitoramento com as respectivas localizações.

Tabela 5 – Poços de coleta e respectivas localizações

POÇO DE COLETA	LOCALIZAÇÃO	GEORREFERENCIAMENTO (GPS)	
		Latitude	Longitude
P1	Montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo	09°40'4,13"	35°43'2,95"
P2	Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo	09° 40' 10,2"	35° 43' 07,6"
P3	Cemitério São José	09° 40' 18,0"	35° 45' 10,9"
P4	Cemitério São José	09°40'20,63"	35°45'16,10"

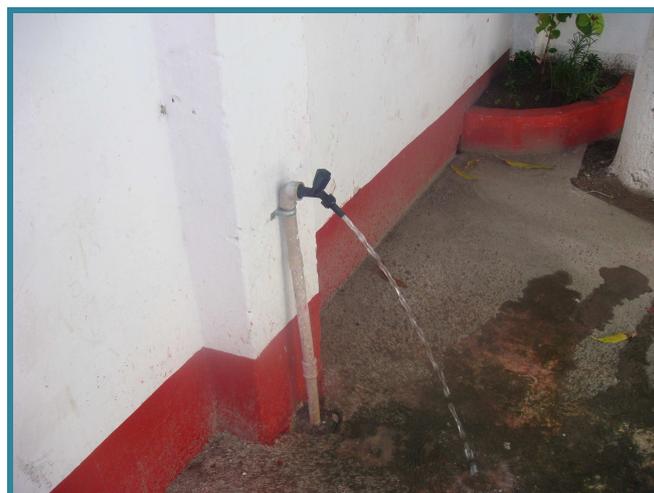
O poço P1 foi perfurado pelo proprietário e está localizado em um clube esportivo na Rua Araujo Bivar (Figura 19). É utilizado para irrigar um campo de futebol e nos serviços gerais do referido clube. As coletas eram realizadas em uma torneira em que a água chegava diretamente do poço (Figuras 20 e 21).

Figura 19- Imagem de satélite com destaque para a área do clube esportivo



Fonte: Google Earth (2011).

**Figura 20 - Poço de Coleta (P1)
a montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do povo**



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 21 - Imagem de satélite com destaque para a localização dos poços (P1 e P2)



Fonte: Google Earth (2011).

O poço P2 (Figura 21) está localizado no interior do cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, possui uma bomba para a retirada de água (Figura 22), tem uma profundidade de aproximadamente 12 metros é utilizado para serviços gerais do cemitério. As coletas eram realizadas em uma torneira que possui uma tubulação de PVC ligada direto ao poço (Figura 23).

Figura 22 - Estrutura do poço do Cemitério Nossa Senhora Mãe do povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 23 - Ponto de coleta (P2) no Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

O poço P3 foi aberto em 2007, segundo o zelador. Está localizado na lateral esquerda do Cemitério São José (Figura 24), é do tipo Amazonas, encontra-se aberto e sem nenhuma proteção, sua estrutura interna é revestida de concreto (Figuras 25 e 26). Possui aproximadamente 8 metros de profundidade. É também utilizado para a limpeza e construção dos túmulos, irrigação das plantas e limpeza do cemitério. Para o monitoramento do nível da água, foi utilizado o poço P3.

Figura 24 - Imagem de satélite com destaque para a localização dos poços (P3 e P4)



Fonte: Google Earth (2011).

O poço P4 (Figura 24) está localizado no interior do Cemitério São José próximo à capela, sendo o poço mais antigo do cemitério. É do tipo amazonas (cacimba) também encontra-se aberto e sem nenhuma proteção, sua estrutura interna é de alvenaria (Figura 27). Possui uma profundidade aproximada de 10 metros, é utilizado para a limpeza e construção dos túmulos, irrigação das plantas e limpeza do cemitério (Figura 28).

Figura 25 - Poço de coleta (P3) estrutura interna - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 26 - Vista do poço revestido de concreto - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 27 – Estrutura interna (P4) – Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 28- Vista do poço principal - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

5.2 Amostra Controle

Tentou-se identificar um poço sanitariamente protegido na região de estudo para servir de controle (valores de *background*) cuja qualidade da água seria considerada natural, para efeito de comparação com as amostras coletadas nos cemitérios. Como não foi identificado, adotaram-se como comparação os valores encontrados a montante do cemitério Mãe do Povo (P1) que serviu de parâmetro para a avaliação das águas subterrâneas.

5.3 Levantamento do nível do aquífero

Para o monitoramento do nível da água, foi utilizado o poço P3. Este foi monitorado de julho a dezembro de 2009, e de janeiro a outubro de 2010. O nível de água foi medido utilizando o medidor de nível, tendo como referência para a medição do nível a boca do poço (Figura 29).

Nos demais poços (P1 e P2) não foram feitas medições de nível porque os poços não são do tipo cacimba e estavam com o bombeamento ativo. O poço P4 está localizado na mesma área do poço P3 (Figura 24).

Figura 29 - Medição do nível do aquífero



Fonte: autora desta dissertação (2011).

5.4 Levantamento de dados qualitativos das águas subterrâneas

As análises físico-químicas e exames microbiológicos foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), enquanto que a determinação de bactérias proteolíticas foi realizada no Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental (LBPMA) do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL.

5.4.1 Período e frequência das coletas

O período de monitoramento se estendeu de janeiro a dezembro de 2009, com 07 coletas e de fevereiro a novembro de 2010, com 10 coletas, totalizando 17 campanhas de campo.

5.4.2 Coleta e preservação das amostras

Durante as coletas foram tomados todos os cuidados com a preservação das amostras (refrigeradas a 4 °C, até chegada ao laboratório), armazenamento (recipientes de 100 e 200 mL, 2 e 5 L de polietileno) e transporte (caixa de isopor com gelo), afim de não haver alteração na qualidade físico-química e bacteriológica das mesmas.

Os frascos de polietileno, antes de serem utilizados para acondicionamento das amostras, eram lavados com ácido clorídrico 30%, água destilada e na hora da coleta com a água que estava sendo coletada.

Para os exames microbiológicos, os recipientes (polietileno de 125 e 250 mL) eram esterilizados em autoclave a uma temperatura de 121°C por 15 minutos, tendo-se o cuidado de utilizar luvas descartáveis na abertura do mesmo.

Nos recipientes era anotado o número do ponto da coleta com a sua respectiva localização, data com a indicação dos parâmetros a serem analisados.

Todos os poços foram perfurados pelos proprietários. No ponto P1 as amostras foram coletadas em torneiras (Figura 20), desinfetadas com álcool a 70%, após um escoamento da água por aproximadamente 2 minutos. No ponto P2 as amostras também foram coletadas em uma torneira de PVC próxima ao local da captação (Figura 23) após desinfecção com álcool e escoamento da água por aproximadamente 5 minutos. Nos pontos P3 e P4, as amostras eram coletadas diretamente do poço tipo amazonas (Figuras 25 e 27), por um balde previamente desinfetado (o mesmo recipiente foi utilizado ao longo do monitoramento), que era içado com uma corda de náilon.

5.4.3 Caracterização físico-química

Os parâmetros escolhidos para as análises da água, considerando a Resolução CONAMA nº 396/2008 e os estudos desenvolvidos sobre o conteúdo foram: temperatura da água e do ar (*in situ*), cor aparente, turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade elétrica, cloretos, cálcio, nitrito, nitrato e sulfato, utilizando-se, preferencialmente, os métodos padrões determinados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

Na Tabela 6 estão indicados os métodos analíticos e os equipamentos utilizados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA).

Tabela 6 - Análises físico-químicas e métodos analíticos

Parâmetros	Métodos analíticos e equipamentos
Temperatura da água (°C)	Determinação direta com sonda LUTRON – DO-5510
Temperatura do ar (°C)	Determinação direta com termômetro de mercúrio
Cor aparente (uC)	Colorímetro Aquacolor Marca Policontrol
Turbidez (uT)	Método Nefelométrico – Turbidímetro PoliControl AP 2000
pH (unidades de pH)	Método potenciométrico - MV-TEMP-METER marca LT-Lutron, pH-206
SDT (mg/L)	Método Gravimétrico – Filtração em membrana de fibra de vidro com diâmetro de poro igual a 1,2 µm
Condutividade elétrica (mS/cm)	Condutivímetro marca Analion modelo C708
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	Método Argentométrico (Método de Mohr)
Cálcio (mg CaCO ₃ /L)	Método Compleximétrico do EDTA
Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻ /L)	Método de Bendschneider & Robinson (1952) segundo Golterman <i>et al.</i> (1978). Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	Determinação segundo Mackereth <i>et al.</i> (1978). Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
Sulfato (mg SO ₄ ⁼ /L)	Método Turbidimétrico - Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M

5.4.4 Caracterização microbiológica

Foram quantificados os coliformes totais, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, bactérias heterotróficas e verificada presença/ausência de bactérias proteolíticas totais.

Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas

A quantificação de coliformes e bactérias heterotróficas totais foi realizada por meio da técnica de filtração em membrana, utilizando como meio de cultura o *Chromocult Coliforme Agar*® da Merck (cat. 1.10426) com substrato cromogênico. Esse meio foi preparado a partir da dissolução de 26,5 g em 1 litro de água destilada, utilizando-se banho-maria. Em seguida volumes de 10 mL do meio eram distribuídos em Placas de Petri esterilizadas, e, após a solidificação do meio, as placas eram mantidas sob refrigeração até o momento de uso. Este meio de cultura permite a determinação simultânea de coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas totais (Figura 30).

Figura 30– Placa de Petri com colônias de bacterias heterotróficas totais, Coliformes totais e *E. coli*



Fonte: Laboratório de Saneamento Ambiental - UFAL

O procedimento para quantificação dos microrganismos consistiu na filtração de 100 mL de amostra, ou de sua diluição, através de membrana esterilizada e com porosidade de retenção de 0,45 μm . Após a filtração de 100 mL da amostra ou de sua diluição, a membrana era colocada na placa de Petri sobre o meio de cultura, e incubada a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por $24 \pm 1\text{h}$ (Incubadora QUIMIS Q315M). Após este período era efetuada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC), baseada na coloração para identificação dos microrganismos

(colônias azul escuro a violeta: *E. coli*; vermelho a salmão: coliformes totais; amarela ou branca: bactérias heterotróficas totais. Os resultados foram expressos em UFC/100 mL.

A Tabela 7 apresenta as enzimas associadas aos microrganismos coliformes totais e *E. coli*, os substratos cromogênicos e a coloração resultante para identificação dos mesmos.

Tabela 7– Enzimas associadas, substrato e coloração resultante para contagem de coliformes totais e *E. coli*

Microrganismo	Enzimas	Substrato cromogênico do meio	Coloração resultante
Coliformes totais	β -galactosidase	6-cloro-3-indolil-3- β -D-galactopiranoside (SALMON-GAL)	Salmão ou vermelho
<i>Escherichia coli</i>	β -glucuronidase e tryptophanase	ácido 5-bromo-4-cloro-3-indoxil- β -D-glucurônico, sal ciclohexilamônio (X-GLUC) e	Violeta ou azul
	β -galactosidase	6-cloro-3-indolil-3- β -D-galactopiranoside (SALMON-GAL)	

Fonte: Adaptado de USEPA (2000).

A água de diluição foi perpetrada com duas soluções estoques. A solução estoque A (fosfato monopotássico, 34g/L) cujo pH foi ajustado para 7,2 com solução de hidróxido de sódio 1N, e a solução estoque B (cloreto de magnésio hexaidratado, 81,1g/L). A quantidade utilizada era de 1,25 mL da solução estoque A e 5,0 mL de solução estoque B por 1000 mL de água destilada. Antes do uso, a água de diluição era esterilizada em autoclave a 121 °C por 15 minutos (CETESB, 1993).

Clostridium perfringens

Para a determinação da concentração de *Clostridium perfringens*, foi utilizada a técnica de tubos múltiplos, descrita pela norma L5. 213 da CETESB (1993). A quantificação foi realizada pela determinação do número mais provável (NMP), ou seja, a estimativa da densidade de bactérias em uma amostra, calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos.

O método apresenta duas etapas, uma presuntiva e outra confirmativa. Na etapa presuntiva o sulfito contido no meio de cultura DRCM (*Diferencial Reinforced Clostridium Medium*) (Tabela 8) era reduzido formando o sulfeto, o que provoca o enegrecimento ou

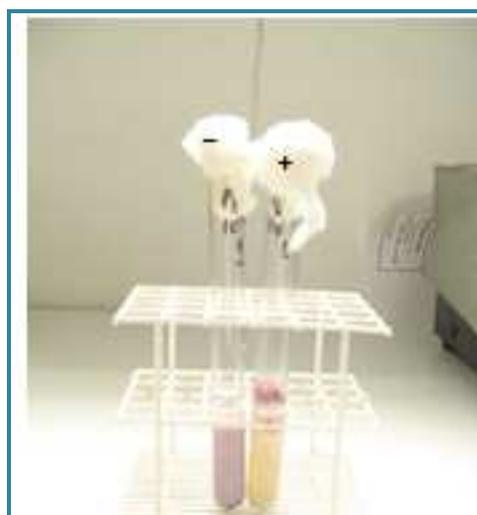
turvação do meio de cultura (os dois tubos da esquerda) (Figura 31). Os tubos com respostas positivas eram então inoculados em meio de cultura (*Litmus Milk*) composto por leite desnatado e um indicador de pH. Nessa etapa os clostrídios sulfito-redutores fermentam o leite provocando a coagulação do caseinogênio. Na Figura 32 é possível observar o tubo com resultado positivo (direita) e negativo (esquerda).

Figura 31 – Etapa presuntiva do *Clostridium perfringens*



Fonte: Laboratório de Saneamento Ambiental - UFAL

Figura 32 – Etapa confirmativa do *Clostridium perfringens*



Fonte: Laboratório de Saneamento Ambiental - UFAL

Tabela 8– Composição do DRCM

Componentes	Quantidades
Peptona	10,0 g
Extrato de carne purificado em pó	10,0 g
Acetato de sódio hidratado	5,0 g
Extrato de levedura	1,5 g
Amido solúvel	1,0 g
Glicose	1,0 g
L-cisteína	0,5 g
Água destilada	1000 mL

Fonte: Norma L5. 213 da CETESB (1993).

Os meios de cultura DRCM e *Litmus Milk*, após preparados, eram autoclavados a 121°C por 15 minutos e mantidos sob refrigeração (4°C) até o momento do uso. Os resultados foram expressos em NMP/100 mL.

Bactérias proteolíticas

Para a determinação de bactérias proteolíticas, especializadas na degradação de proteínas, foi utilizado o método baseado na hidrólise de gelatina a 12 % descrito por Martins *et al.* (1991).

A gelatina é uma proteína produzida pela hidrólise do colágeno que, abaixo de 25°C, mantém as suas propriedades de gel e é sólida; quando acima de 25°C é líquida. Determinados microrganismos têm a capacidade de produzir a gelatinase, que atua hidrolisando a gelatina em aminoácidos. Se a degradação ocorre não se consegue restaurar as características de gel da gelatina, mesmo a baixas temperaturas. A atividade proteolítica é indicada pela liquefação da gelatina.

Após incubação a 35°C durante 48 horas, as culturas eram colocadas no refrigerador a 4°C por um período de 2 horas (Figura 33). Se a gelatina foi hidrolisada pela gelatinase, o meio mantém-se líquido após refrigeração, indicando a presença de bactérias proteolíticas. Se o microrganismo não possui gelatinase, o meio resolidifica durante o período em que está no refrigerador (Figura 34).

Figura 33 - Determinação das bactérias proteolíticas



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 34 - Meio sólido- ausência de bactérias proteolíticas



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Esse exame determinou a ausência ou presença de bactérias proteolíticas, e foi realizado no Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental (LBPMA) do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL.

5.4.5 Tratamento dos dados

Foi realizada uma análise estatística descritiva dos parâmetros analisados, confecções de gráficos e tabelas para análise dos resultados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Aspectos ambientais dos cemitérios

Os aspectos ambientais dos cemitérios foram avaliados à luz do Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió, Lei nº 5.593/07, do Código de Posturas do Município de Maceió, Lei nº 3.538/85, e a Resolução CONAMA nº 335/2003 e suas alterações.

Considerando que na época da construção desses cemitérios não foram realizados estudos de impacto ambiental e risco de contaminação para as águas subterrâneas, os mesmos podem ser um potencial poluidor das águas, principalmente nesta parte da cidade onde o nível do lençol freático está próximo à superfície, como demonstram os resultados desta pesquisa.

6.1.2 Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo

O cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, está localizado no bairro Jaraguá, na rua Dr. Zeferino Rodrigues, na parte baixa da cidade de Maceió (Figuras 35 e 36).

**Figura 35 - Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo,
Maceió-AL**



Fonte: autora desta dissertação (2011).

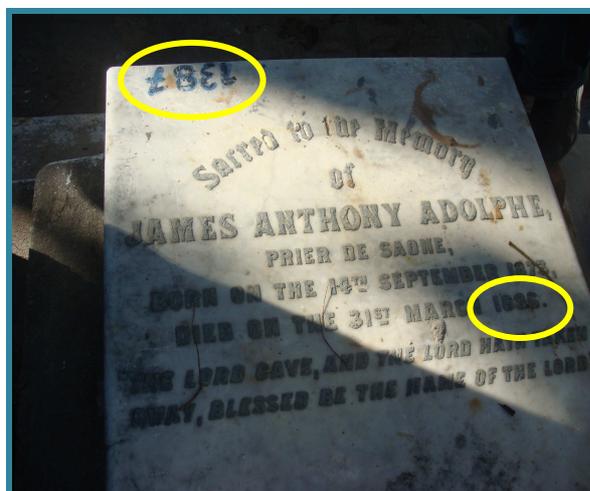
Figura 36 - Imagem de satélite com destaque para o Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: Google Earth (2011)

Administrado pela Prefeitura Municipal de Maceió, especificamente, pelo Departamento de Administração de Cemitérios da Superintendência Municipal de Controle de Convívio Urbano (SMCCU), o cemitério tem a sua data de fundação em 1940, com 72 anos de existência. Entretanto, o início das atividades de enterramento no local data do final do século XIX por ingleses, conforme inscrições nas catacumbas (Figura 37), indicando que este cemitério é bem mais antigo.

Figura 37 - Inscrições nas catacumbas de 1896 e numeração dos túmulos



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Ao iniciar suas atividades de enterramento no final do século XIX estava fora do perímetro urbano, mas devido à expansão urbana está atualmente inserido na cidade, havendo nos arredores residências, colégio, clube esportivo, armazéns e pontos comerciais. Assim sendo, hoje, está em desconformidade com o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió - Lei nº 5.593/07.

O cemitério estudado é do tipo tradicional composto por ruas e quadras, que contém túmulos, covas, mausoléus, capelas, imagens, monumentos funerários (em mármore, granitos e alvenaria), sendo bastante arborizado. Definido pela Resolução CONAMA nº335/2003 como um cemitério tradicional (Figura 38), localizado em área descoberta.

Possui covas rasas com escavações de 0,5 a 0,8 metros de profundidade onde ocorre a inumação, que consiste em colocar a pessoa falecida em local adequado. Contudo, no cemitério alguns caixões são colocados diretamente no solo sem as técnicas necessárias para as trocas gasosas (Figura 39).

Segundo Campos (2007), a vantagem desse tipo de inumação em contato com o solo é a facilidade de decomposição dos corpos, tendo como desvantagens a possibilidade de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a ocupação de grandes áreas, além da possível proliferação de insetos.

Figura 38 - Cemitério tradicional - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 39- Sepultamento por inumação - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Nesse cemitério também há prática da tumulação, que são construções de caixas em concreto ou alvenaria erguidas em uma sepultura, onde são colocados os caixões. Essas edificações não atendem a um projeto adequado de engenharia, algumas apresentam

rachaduras, devido à má construção ou às raízes das árvores que fazem a arborização do local como as amendoeiras (Figura 40), exalando odores característicos de corpos em decomposição. Na zona de sepultamento é aconselhável o plantio de árvores de espécies com raízes pivotantes, a fim de evitar invasões de jazigos, destruição do piso ou túmulos ou danos às redes de água, esgoto ou drenagem (CETESB, 1999).

Figura 40- Árvores no cemitério - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 41 - Proximidade do cemitério com as residências - Cem. Nossa Senhora Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Observa-se que o recuo não é obedecido no Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo onde alguns túmulos são confrontantes com o fundo das casas caracterizando ocupação irregular (Figura 41).

Os jazigos do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, em sua maior parte, não são perpétuos, sendo reutilizados após um período mínimo de três anos para adultos, e crianças após dois anos, quando os restos mortais são retirados e inumados em outro local (ossuários). Para adultos, o prazo máximo a vigorar entre dois sepultamentos na mesma sepultura ou no mesmo carneiro é de 5 anos e para criança, de 3 anos de acordo com o código de Posturas do Município de Maceió (Lei nº 3.538/85).

Os resíduos gerados pelas práticas de conservação, limpeza do cemitério e dos funerais tais como: roupas, urnas, caixões, folhas etc., locais onde proliferam focos de fungos e de bactérias, são descartados como resíduo comum (Figuras 42 e 43) em desacordo com a Resolução CONAMA nº 335/2003 e suas alterações (nº 368/06 e nº 402/08), Esses resíduos deveriam ter o mesmo destino dos Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS).

Figura 42 - Descarte de resíduos fora do contêiner - Cem. N. Sra. Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 43- Caixaão descartado como resíduo comum - Cem. N. Sra. Mãe do Povo



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Nesse cemitério foi observado que grande parte dos funcionários não segue as normas de segurança para atividades insalubres, eles não costumam usar os equipamentos necessários para a própria proteção, como, luvas, máscaras botas e vestimenta adequada (macacão). Em conversa privada foi notado que nem todos têm o hábito de lavar as mãos ou tomar banho antes de deixar o cemitério e esses maus hábitos representam risco à saúde do trabalhador, bem como a de seus familiares.

Segundo o Art. 146 do código de Posturas do Município de Maceió (Lei nº 3.583/1985), cabe à Prefeitura acompanhar a utilização dos cemitérios existentes a fim de planejar sua substituição antes de saturados, com base em necessidades a serem estimadas considerando os elementos a seguir:

- Intervalo de tempo que decorre, de acordo com as normas para abertura dos túmulos;
- Quantidades anuais dos despojos;
- Área de ocupação para cada morto;
- Capacidade ainda utilizável dos cemitérios existentes.

6.1.3 Cemitério São José

Administrado pela Prefeitura Municipal de Maceió, também sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Controle de Convívio Urbano (SMCCU), o Cemitério São José está localizado na Avenida Siqueira Campos, 1625 - Bairro Trapiche da Barra, Maceió, Alagoas (Figuras 44 e 45).

Figura 44 - Cemitério São José - Maceió-AL



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 45 - Imagem de satélite com destaque para o Cemitério São José



Fonte: Google Earth (2011)

Conhecido também como Cemitério do Caju, onde existe a crença do “menino Petrúcio”, que faz milagres. Era uma criança pobre que morreu de tuberculose aos 11 anos (Figura 46).

Figura 46 - Jazigo do menino Petrúcio – Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

O cemitério é do tipo tradicional, distribuído em quadras (Figura 47), onde existem covas rasas (Figura 48) com escavações de 0,5 a 0,8 metros de profundidade. Alguns caixões são colocados diretamente no solo (Figura 49). Há também construções tumulares – jazigos, que não atendem a um projeto adequado de engenharia.

Este é o cemitério municipal de maior fluxo de enterros da cidade, por isso, em agosto de 2005 foram criados 135 osuários e 51 gavetas, para atender a essa demanda.

Figura 47 - Distribuição em quadras - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 48 – Escavação para uma nova inumação - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 49 – Inumação direta no solo - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

O cemitério é arborizado da mesma forma que o Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, com árvores de grande porte de raízes profundas (amendoeira- da- praia, *Terminalia catappa L*) como também coqueiros (*Cocos nucifera*), causando muitas vezes aberturas nos túmulos, que liberam odores característicos.

As sepulturas, em sua maior parte, não são perpétuas sendo reutilizadas após um período mínimo de três anos, quando os restos mortais são retirados e inumados em outro local (ossuários).

Devido ao grande número de enterros e por ser o mais utilizado pela população, a limpeza deste cemitério muitas vezes deixa a desejar. Durante o período de monitoramento foram observadas várias irregularidades como as ilustradas nas Figuras 33 e 34, como a destinação inadequada dos resíduos que não atende à Resolução CONAMA nº 335/2003 e suas alterações (nº368/06 e nº402/08), segundo a qual os resíduos sólidos, não humanos, resultantes da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.

De acordo com o código de Posturas do Município de Maceió (Lei nº 3.583/85), é obrigatório o ladriamento do solo em torno das sepulturas e dos carneiros. Conforme mostrado na Figura 31, o código não é totalmente obedecido.

O Art. 137 cita que no recinto do cemitério devem ser assegurados o absoluto asseio e limpeza, sendo mantida a mais completa ordem e respeito. Conforme comentado

anteriormente, o Código de Posturas da cidade não vem sendo cumprido, conforme indicado nas Figuras 50 e 51.

Figura 50 - Descaso com a limpeza - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

Figura 51 - Destinação inadequada dos resíduos - Cemitério São José



Fonte: www.tudonahora.al.com.br

Segundo o Art. 145, os restos de materiais provenientes de obras, deverão ser removidos, imediatamente, para fora do recinto do cemitério após a conclusão dos trabalhos, o que não é observado no local (Figura 52).

Figura 52 - Materiais provenientes de obras - Cemitério São José



Fonte: autora desta dissertação (2011).

6.2 Nível da água

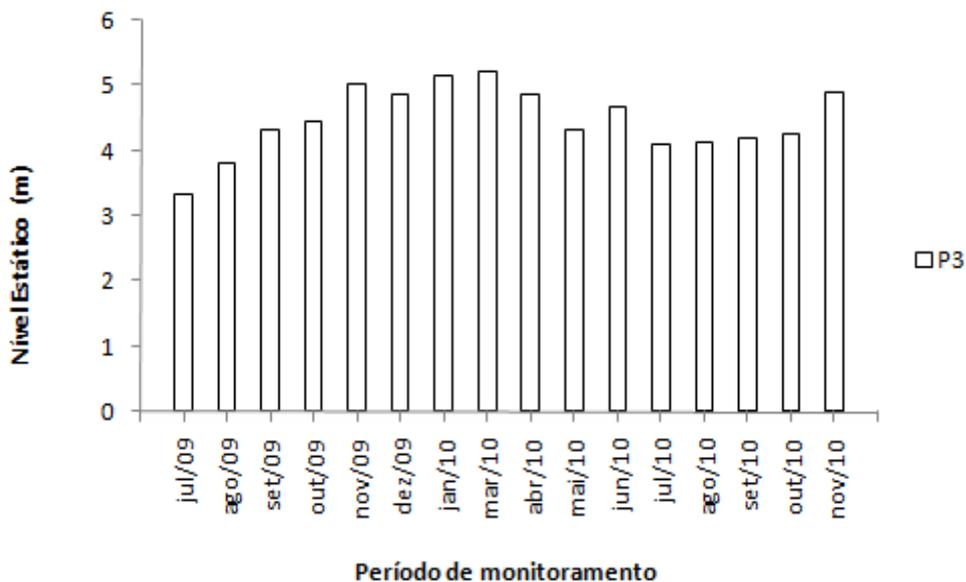
A Resolução CONAMA nº335/2003 e suas alterações, em seu Art. 3º, não restringe a presença de cemitérios em área de manancial para abastecimento humano, mas devido às características especiais dessas áreas deverão ser atendidas algumas exigências:

- O subsolo da área desejada para implantação do cemitério deverá ser formado por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, o nível inferior dos jazigos deve estar dez metros acima do nível do lençol freático.

Segundo WHO (1998), o local de enterro precisa ficar distante no mínimo 30 metros de qualquer curso de água natural (córregos, rios, riachos, lagos e lagoas) ou artificial (represas, reservatórios e barragens). O mesmo autor cita ainda que restos humanos ou de animais não devem ser enterrados a 250 metros de qualquer poço ou nascente de abastecimento de água potável, para não propiciar a degradação das características de potabilidade da água.

O poço P3 foi monitorado de julho a dezembro de 2009, e de janeiro a outubro de 2010. Essas medições foram realizadas no Cemitério São José, na boca do poço para o nível da água. No gráfico a seguir (Figura 53), estão as representações dos valores encontrados para esses períodos, e na Tabela 1A, apêndice A, estão listados estes dados.

Figura 53 - Nível da água no poço monitorado durante o período de 2009 e 2010



Durante o período de monitoramento de 2009, o nível da água no poço P3 variou cerca de 1,67 m. Os dados apresentados indicam elevação no mês de julho e rebaixamento no mês de novembro. Durante o segundo período de monitoramento (2010), o nível da água no poço variou cerca de 1,12 m, com maior elevação no mês de julho, e rebaixamento no mês de março, não havendo grandes variações no nível estático desse poço durante o tempo de monitoramento.

Segundo o Art. 5º da resolução CONAMA nº 335/2003 deverão ser atendidas, algumas exigências para os cemitérios horizontais:

- O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Nos terrenos onde a condição prevista anteriormente não puder ser atendida, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB), órgão ambiental do Estado de São Paulo, por meio da norma técnica (L1. 040) relativa à implantação de empreendimentos com potencial poluidor (cemitérios), descreve que distâncias inferiores a 1,5 m poderão ser consideradas aceitáveis, condicionadas a estudos

geológicos e hidrológicos fundamentados em conjunto com a tecnologia de sepultamento empregada. Caso as condições naturais do terreno não permitam as distâncias previstas, o lençol freático deverá ser rebaixado artificialmente através de um sistema de drenagem subterrânea, tomando-se os devidos cuidados para que sua eficiência não seja comprometida ao longo do tempo (CETESB, 1999).

Observou-se que durante o período de coleta de dados (2009 e 2010), o mês de julho foi o período onde ocorreram as maiores elevações no aquífero (3,33 e 4,08 m) (Tabela 1A, apêndice A) concordando com o maior período de chuva (maio a julho), sendo esta variação influenciada pela precipitação (mais próximo à superfície ou rasos em períodos de chuva e mais profundos em épocas de estiagem).

Os valores encontrados estão de acordo com os estudos realizados pela SEMARH (2004), onde o nível do lençol freático nessa região foi inferior a 5m.

Considerando que as profundidades das covas variam de 0,5 a 0,8 m, no Cemitério São José onde foi realizada medição do nível estático o qual variou de 3,33 a 4,08 m, resta em torno de 2,5 m de camada de solo até atingir o lençol freático, o que atende à Resolução CONAMA 335/2003 que impõe o valor de 1,5 m. Ressalta-se, entretanto, que o aquífero é pouco profundo, de espessura reduzida e de alta permeabilidade sendo constituído predominantemente por cascalhos, areias, siltes e argilas, de texturas variadas SEMARH (2004) e, por isso, apesar da camada de solo de 2,5 m, considera-se que há riscos de contaminação do lençol freático.

A espessura da camada da zona não saturada do solo é um importante fator na determinação do impacto dos cemitérios no meio-ambiente, porque a maioria da biodegradação ocorre nessa zona, sendo ela a mais importante linha de defesa dos aquíferos contra a poluição subjacente derivada dos cemitérios. Assim sendo, a maximização do tempo de residência e a espessura dessa camada são os fatores desejáveis para a remoção e a eliminação de bactérias e vírus (WHO, 1998).

6.3 Aspectos Qualitativos

A seguir serão apresentados os dados qualitativos do monitoramento dos poços, onde são apresentados gráficos boxplots com indicação dos valores máximos (T_{Max}), 3º quartil (Q_3 75%), medianas (50%), 1º quartil (Q_1 25%) e mínimos (L_{Min}).

Os resultados foram interpretados com base na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, Resolução CONAMA nº 335/2003 e suas alterações, a partir das tabelas e dos gráficos que ilustram os resultados do monitoramento.

6.3.1 Parâmetros físico-químicos

Temperatura do ar e da água

A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (BRASIL, 2006b).

Em países mais quentes, a temperatura das águas subterrâneas rasas é relativamente elevada em aquíferos com menos de 12m (FUNASA, 2007).

Os resultados das medidas de temperatura do ar e da água estão indicados nas Tabelas 2A e 7A do apêndice A e nas Figuras 54 e 55.

As temperaturas do ar e da água apresentam-se compatíveis com as condições climáticas locais, mostrando uma tendência normal em aquíferos rasos, que é a temperatura do ar ser um pouco maior que da água subterrânea. No período de monitoramento nos locais estudados a temperatura média do ar foi de $30,5 \text{ °C} \pm 1,9$ enquanto a temperatura média da água $29,2 \text{ °C} \pm 1,0$.

A temperatura do ar durante o período estudado teve os menores valores, para todos os poços, no mês de agosto de 2009 e no mês de setembro de 2010 (Tabela 2A apêndice A) que corresponde a períodos de excessos hídricos (Figuras 14 e 15), não havendo uma diferença significativa entre os poços (P1 $30,2 \text{ °C} \pm 2,1$; P2 $30,1 \text{ °C} \pm 1,9$; P3 $31,1 \text{ °C} \pm 2,1$ e P4 $30,8 \text{ °C} \pm 1,7$, que são os valores médios).

Durante o período estudado a temperatura da água no poço P4 apresentou uma maior variação (26,2 a 31,9 °C) (Tabela 6A, apêndice A), enquanto a temperatura do ar apresentou maior variação para o poço P1 (27 a 35 °C) (Tabela 3A, apêndice A) e para o poço P3 (26,5 a 34 °C) (Tabelas 5A, apêndice A).

Figura 54 – Boxplot da temperatura do ar nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010

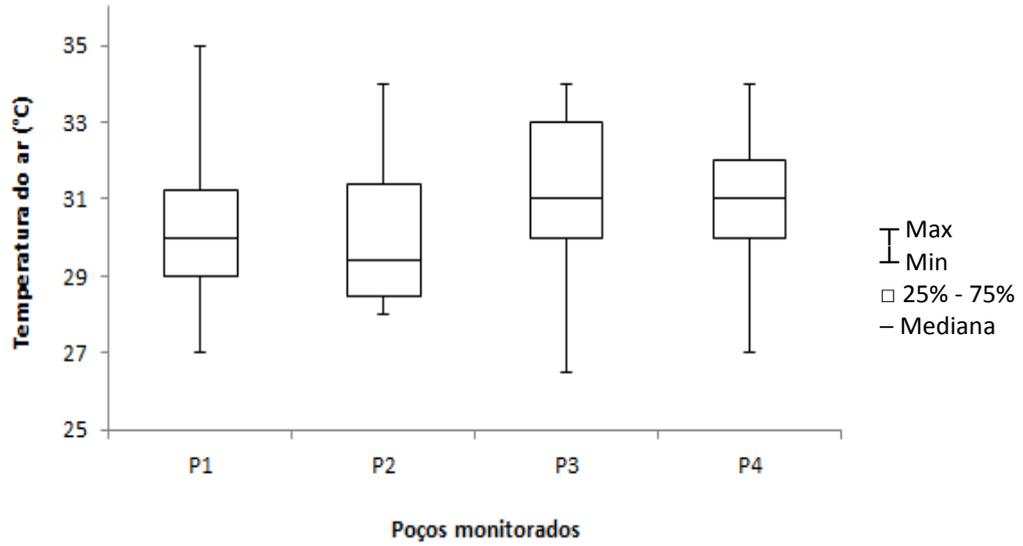
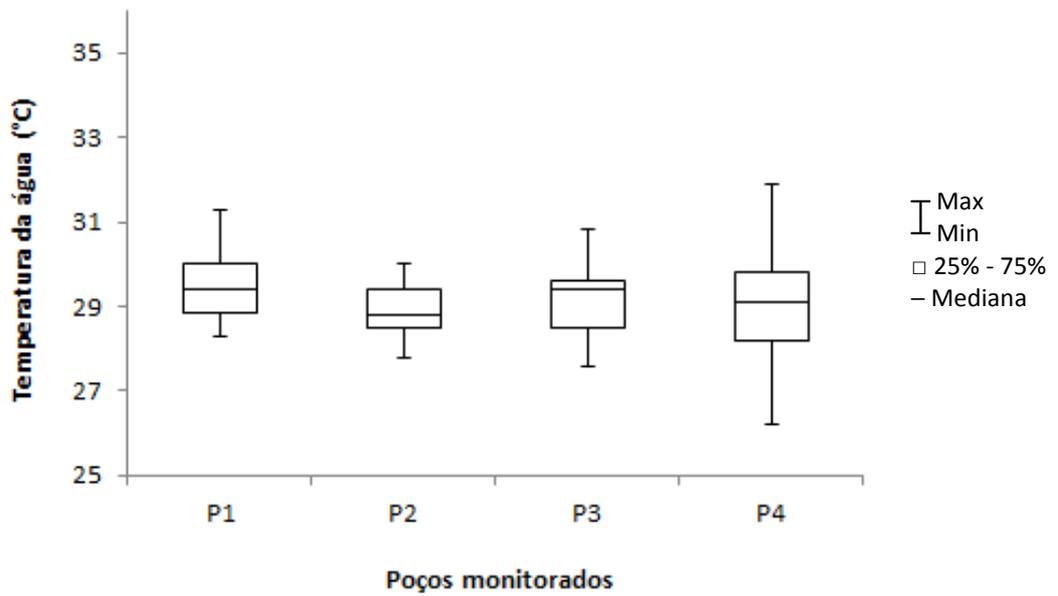


Figura 55- Boxplot da temperatura da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010



Condutividade

A condutividade elétrica não é parâmetro para a potabilidade da água. Entretanto é de extrema importância para águas utilizadas na indústria, por exemplo.

O poço P2 apresentou o maior valor médio e menor desvio padrão ($0,448 \pm 0,08$ mS/cm), com mediana 0,452 mS/cm, ou seja, valores mais uniformes. O poço P3, oscilou entre 0,188 mS/cm e 0,641 (Tabela 5A, apêndice A).

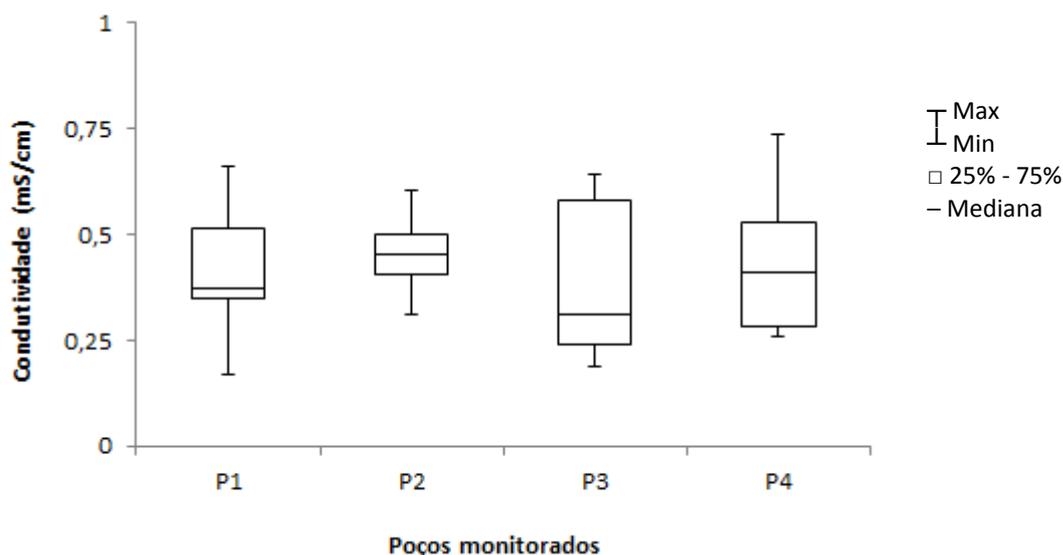
Conforme comentado anteriormente em ambientes naturais a condutividade da água varia de 10 – 100 μ S/cm e em ambientes poluídos pode chegar a 1000 μ S/cm.

Os poços (P1 e P4) apresentaram elevados valores de condutividade no mês de julho de 2010 (0,659 mS/cm, 0,739 mS/cm) que corresponde ao período chuvoso (Figura 15). Nota-se que os valores de condutividade para os poços P1, P3 e P4 (Figura 56) não são homogêneos, havendo variações nos seus valores. Observa-se ainda que o poço P1 apresenta a menor condutividade 0,170 mS/cm.

Matos (2001), estudando o cemitério de Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo, observou que as águas subterrâneas mais próximas da superfície possuem maior condutividade elétrica (em torno de 600 μ S/cm) e as mais profundas (em torno de 200 μ S/cm), indicando um aumento de íons das águas mais vulneráveis.

Não é possível concluir se houve aumento da condutividade pela presença das necrópoles, porque no poço usado com controle P1 (*background*) são utilizados fertilizantes que contêm sais, aumentando assim a condutividade da água. Este poço foi utilizado como controle por sua localização, mas devido seu uso intensivo e a utilização de fertilizantes não servirá de comparação em alguns parâmetros, além disso, observando o fluxo das águas subterrâneas como veremos mais adiante na Figura 65, esse poço não está a montante do Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo.

Figura 56 - Boxplot da condutividade da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010



Cálcio

Observa-se que nos sepultamentos é colocado cal (óxido de cálcio) nas sepulturas para tentar neutralizar os odores característicos da putrefação. Alguns picos na concentração de cálcio sugerem que a origem pode ter sido pelo sepultamento dos corpos e/ou os ossos resultantes do período de esqueletização quando permanece apenas a porção mineral, sob a forma de carbonato de cálcio dos túmulos/jazigos permanentes.

O teor de cálcio apresentou grande oscilação (Tabela 9A, apêndice A e Figura 57), para os poços P2 (85,51 a 223,96 mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$), P3 (17,1 a 103,02 mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$), e P4 (67,59 a 138,45 mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$) que são os poços localizados nos cemitérios.

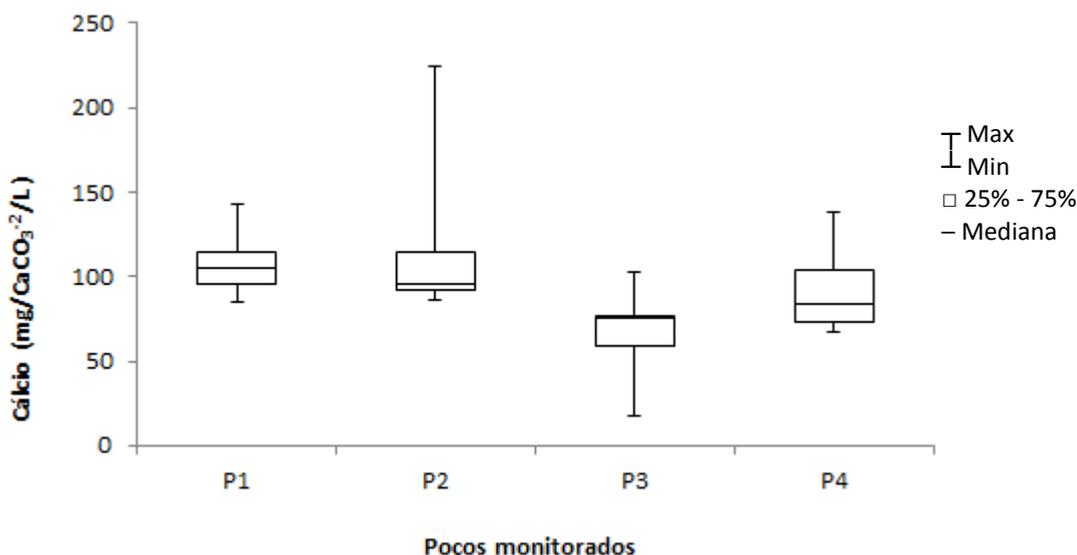
No poço P1 os valores de cálcio estão mais uniformes, provavelmente por está localizado em um campo de futebol onde é utilizado o carbonato de cálcio para a correção do pH do solo, melhorando a sua condição agrícola contribuindo com a disponibilidade de nutrientes no solo, além de ser utilizado na marcação do gramado para a prática esportiva.

Para o poço P1 (*background*) os valores oscilaram entre 84,7 a 142,52 mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$, com média de $107,23 \pm 17,99$ mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$ e mediana 105,05 mg $\text{CaCO}_3^{-2}/\text{L}$ (Tabela 3A, apêndice A).

Nas águas subterrâneas os valores de cálcio variam entre 10 a 100 mg/L, conforme dito no item 3.9.1.2. No mês de maio/2010 os poços P1, P2 e P4 apresentaram os maiores

valores de cálcio (P1 142,52 mg CaCO₃⁻²/L; P2 223,96 mg CaCO₃⁻²/L e P4 138,45 mg CaCO₃⁻²/L), ficando acima do que indica a literatura, possivelmente esse aumento pode ser proveniente do uso de cal nas sepulturas, e no ponto P1 na correção do pH do solo. A análise de cálcio só foi realizada no segundo período do monitoramento no ano de 2010.

Figura 57 - Boxplot do cálcio da água nos poços monitorados durante o período de 2010



Cor aparente

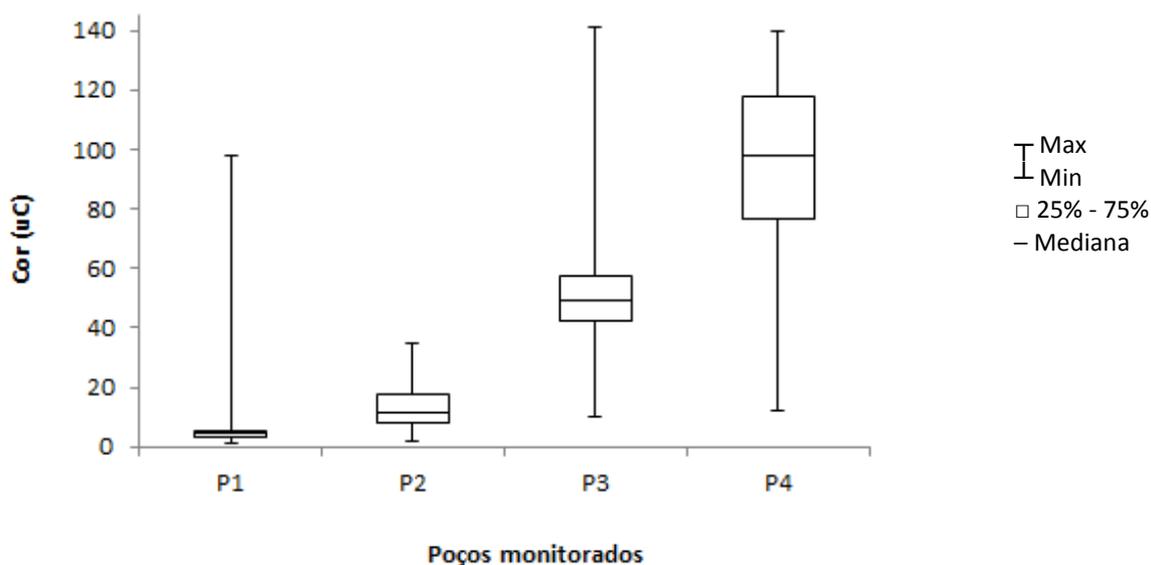
A cor é um parâmetro basicamente de natureza estética e componente do padrão de aceitação para consumo humano. A cor aparente no período analisado teve uma ampla variação (Tabela 10 A, apêndice A e Figura 58), apresentando valores acima do limite permitido pela portaria 2914/11 do MS (15 mg Pt Co/L) em alguns meses durante o monitoramento.

Os poços P3 e P4 destacam-se dos demais por estarem bem acima do limite permitido pela portaria 2914/11 do MS. Estes poços são do tipo amazonas sem nenhuma cobertura ou proteção, recebendo as folhas e frutos das árvores locais, e materiais em suspensão, que provavelmente influenciaram na coloração.

No poço P3 a cor variou de 10,1 a 141 uC, e no Poço P4 a variação foi de 12 a 139,4 uC, o que resultou em 94,1% das amostras em cada poço em desconformidade com a legislação. Para o poço P2 na primeira etapa do monitoramento, todas as amostras

apresentam valores abaixo do limite da portaria, mas na segunda etapa do monitoramento 80% das amostras estão com os valores acima do limite da portaria. O poço P1 (*background*) apresentou nos meses de setembro e outubro de 2009 respectivamente 74,4 e 98,0 uC, valores acima do recomendado pela portaria 2914/11 do MS. Durante o segundo período de monitoramento os valores ficaram abaixo do recomendado pela portaria.

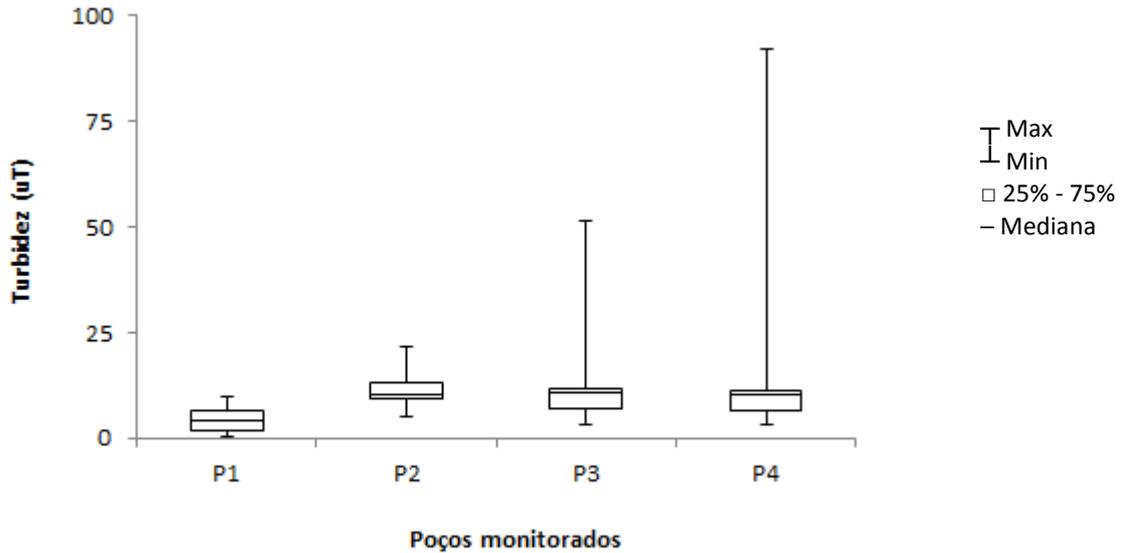
Figura 58 - Boxplot da cor aparente da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010



Turbidez

Os poços (P2, P3 e P4 - Tabela 11 A, apêndice A) apresentaram valores acima do que preconiza a portaria 2914/11 do MS (5,0 uT), em 93,7%, para P2 e 94,1% (P3 e P4) da amostras. O poço P1 (*background*), apresentou menor amplitude nos valores, oscilando entre 0,46 a 9,7 uT, apresentando 66,7 % dos valores dentro do limite recomendado pelo Ministério da Saúde (Figura 59) que é 5 uT.

Figura 59 - Boxplot da turbidez da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010



pH

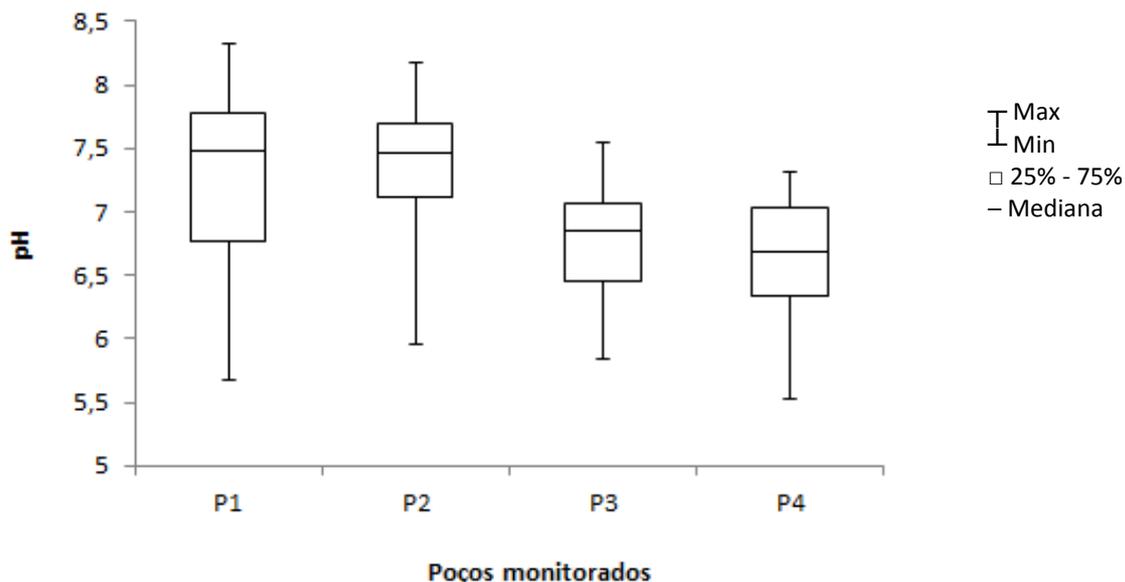
A maioria das águas subterrâneas tem pH em torno de 5,5 e 8,5 em casos excepcionais pode variar entre 3,0 e 11 (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

As águas subterrâneas variaram de ácidas a alcalinas, sendo que na maior parte do período estudado as amostras apresentaram valores adequados para o consumo humano segundo a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (6,0 a 9,5). Durante a primeira etapa do monitoramento no mês de agosto de 2009 mês de excesso hídrico (Figura 14), todos os pontos apresentaram valores de pH menores que 6,0 (Tabela 12A, apêndice A), indicando que houve contribuição da chuva nas águas subterrâneas.

É interessante observar que os poços P1 e P2 estão situados em uma mesma região e os poços P3 e P4 estão em outra área, mostrando uma tendência de pH para cada região observada (Figura 60), não havendo diferenças significativas entre os poços.

Não foi possível concluir se houve um aumento do pH pela presença dos cemitérios porque o poço controle (P1) apresentou valores próximos ao P2.

Figura 60 - Boxplot do pH da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010



Cloretos

Segundo Feitosa & Manoel Filho (2000), nas águas subterrâneas os teores de cloretos geralmente são inferiores a 100 mg/L.

Os valores de cloreto nos locais apresentaram concordância com os padrões de potabilidade (Tabela 13A apêndice A), que é 250 mg/L. Observa-se, que o poço P1 apresenta maiores valores de cloreto que o poço P2 (28,71 a 70,3 mg Cl⁻/L), na segunda etapa do monitoramento (Tabela 13A , apêndice A e Figura 61). Estes teores mais elevados podem ter ocorrido, provavelmente, pela quantidade de fertilizantes utilizados e a irrigação constante do gramado, carreando assim cloretos para as águas subterrâneas.

Os maiores valores foram observados nos poços P3, 127,3 mg Cl⁻/L e P4, 111,99 mg Cl⁻/L, que estão mais próximos da praia (Figura 62), tendo grande contribuição da água do mar para esses valores.

Figura 61 - Boxplot do cloreto da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.

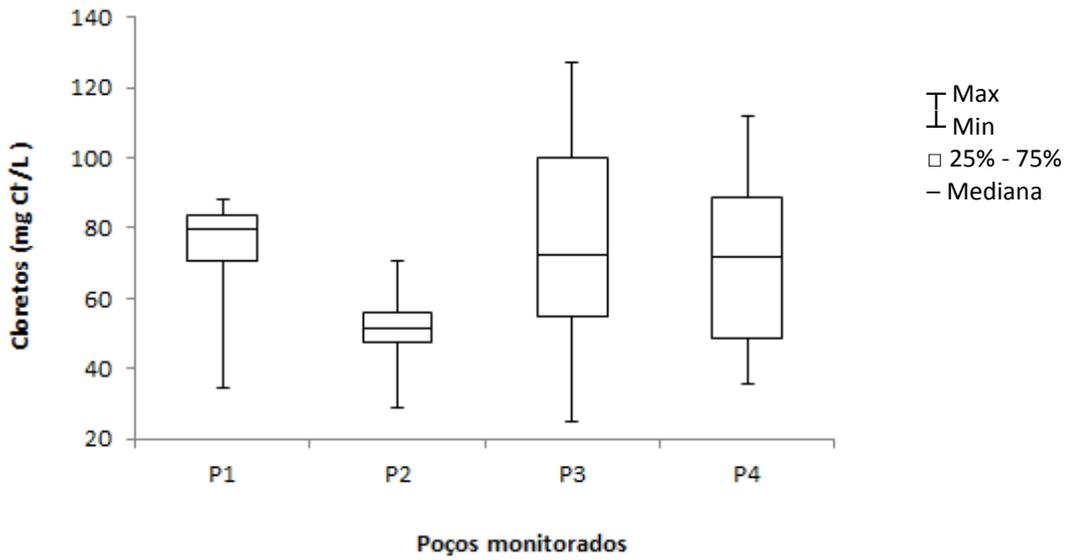


Figura 62- Proximidade do Cemitério São José com o mar



Fonte: Google earth (2011).

Sulfatos

Os valores de sulfato apresentaram grande amplitude (Tabela 14 A, apêndice A). O poço P1 oscilou entre 10,461 e 48,508 mg SO₄⁻²/L e o poço P2 apresentou valores entre 15,240 a 54,952 mg SO₄⁻²/L, estando em conformidade com a Portaria 2914/11 MS. Observa-se que os poços localizados no bairro Jaraguá (P1 e P2, Figura 63) apresentam valores próximos, enquanto os poços (P3 e P4), localizados no cemitério São José quase não apresentaram sulfato, mostrando uma tendência para cada região estudada.

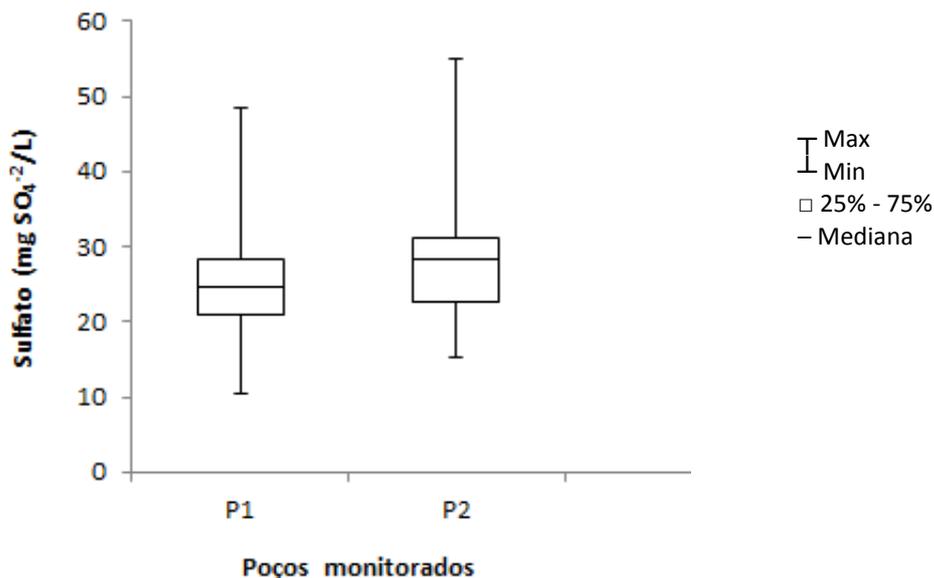
Segundo Esteves (1988) a distribuição vertical de sulfato e gás sulfídrico na coluna d'água são fortemente influenciados pela concentração de oxigênio e pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema, podendo sua concentração variar desde valores não detectáveis até valores de saturação.

Na Tabela 9 estão expostos os valores detectados de sulfato nos poços P3 e P4.

Tabela 9: Variação do sulfato da água (mg SO₄⁻²/L) nos poços P3 e P4 durante o período de monitoramento

Pontos	2009			2010	
	jan	mar	jun	jun	Out
P3	1,786	0,000	0,423	0,000	5,807
P4	2,778	0,547	1,414	5,939	5,676

Figura 63- Boxplot do sulfato da água nos poços P1 e P2 durante o período de 2009 e 2010



Nitrato

Conforme comentado anteriormente (item 3.9.1.2), a presença de elevadas concentrações de nitrato pode estar associada à influência de esgostos sanitários (fossas sépticas), vazamentos de redes coletoras de esgoto ou influência na zona de captação dos poços, além da possível contaminação por necrochorume. Segundo Matos (2001), a presença dos compostos nitrogenados é um grande indicador de necrochorume.

As concentrações de nitrato encontradas são bastante elevadas, (Figura 64 e Tabela 15A, apêndice A), chegando a atingir valores de 124,67 mg N-NO₃⁻/L no poço P4 no mês de novembro de 2010 (período de déficit hídrico).

O poço P1 (*background*) apresentou também altos valores de nitrato (2,334 a 51,312 mg N-NO₃⁻/L) (Tabela 3A, apêndice A) em 86,67% das amostras com valores acima do limite da portaria 2914/2011 do MS. O motivo da elevada concentração pode ser o fato, que este poço serve para irrigar o gramado de um campo de futebol, onde são utilizados fertilizantes nitrogenados para manter a grama dentro das condições adequadas para a prática esportiva.

Observando o fluxo das águas subterrâneas na RMM (Região Metropolitana de Maceió), (Figura 65) o poço P1 não contribuiu com os valores elevados de nitrato no poço

P2, podendo estas concentrações elevadas encontrar-se associadas ao ciclo de enterramentos ou à influência de esgotos sanitários.

O poço P2 na primeira etapa do monitoramento em 31,3% das amostras apresentou valores incompatíveis com a portaria do MS, na segunda etapa do monitoramento todos os valores para esse poço estão abaixo de 10 mg/L (Tabela 15A, apêndice A), corroborando com o fim da prática de enterramento por inumação nessa necrópole em dezembro de 2009, segundo a administração do cemitério.

Os poços P3 e P4 em 100% das amostras apresentam valores acima do que preconiza a portaria 2914/2011 do MS (VMP de 10 mg/L para o consumo humano), indicando desta maneira, que as águas subterrâneas estão contaminadas com este produto nitrogenado.

Esses valores corroboram com os estudos realizados por Migliorini (1994) no cemitério de Vila Formosa, em São Paulo, que encontrou concentrações de NH_4^+ (7,59 mg/L) e NO_3^- (98,33 mg/L), concluindo que essas concentrações decorrem do processo de decomposição dos corpos que produzem cadaverina e putrescina, que podem ser degradadas gerando NH_4^+ , sendo que o cemitério citado está situado em sedimentos terciários, onde predominam argilas, siltes e areias finas.

Figura 64 - Boxplot do nitrato da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010

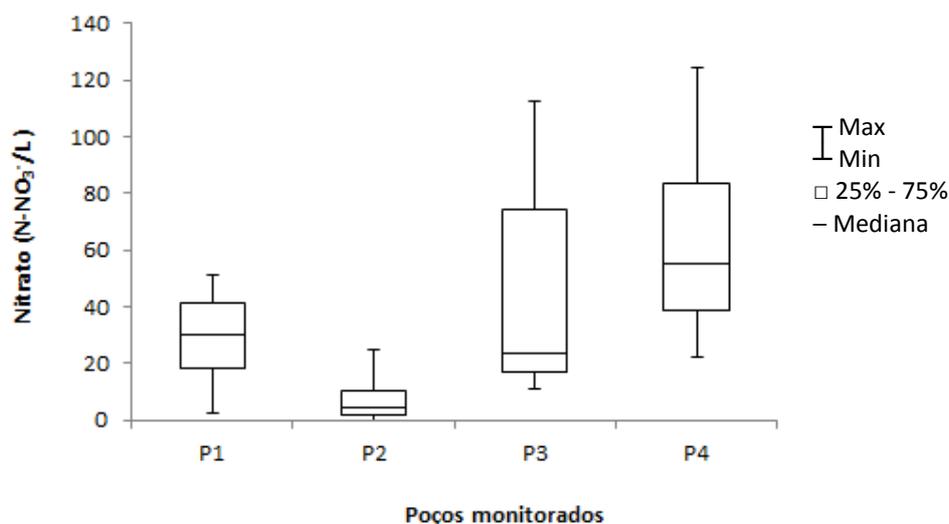
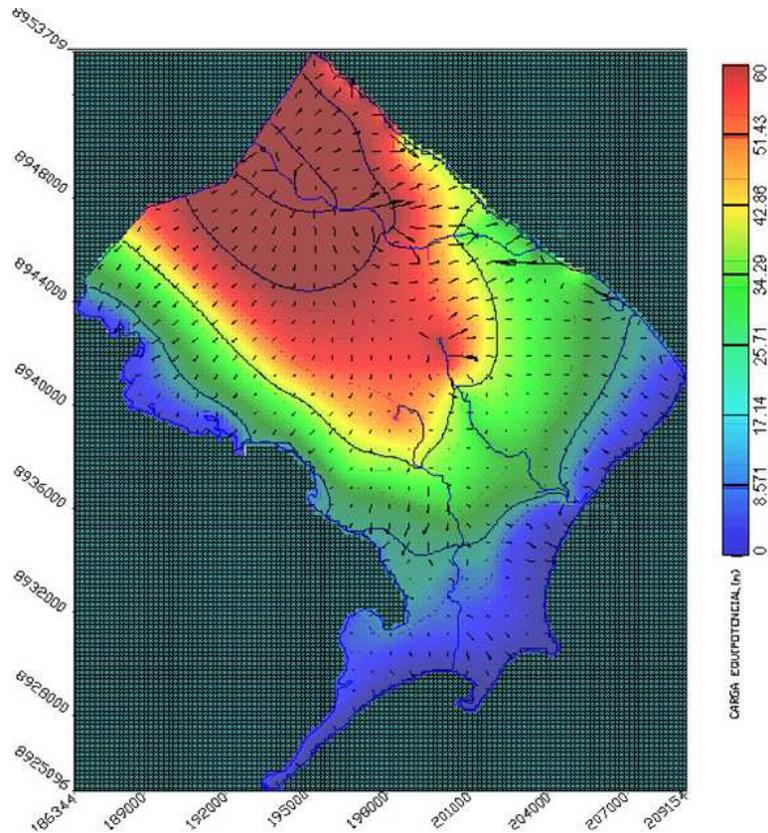


Figura 65 - Fluxo da água subterrânea na cidade de Maceió



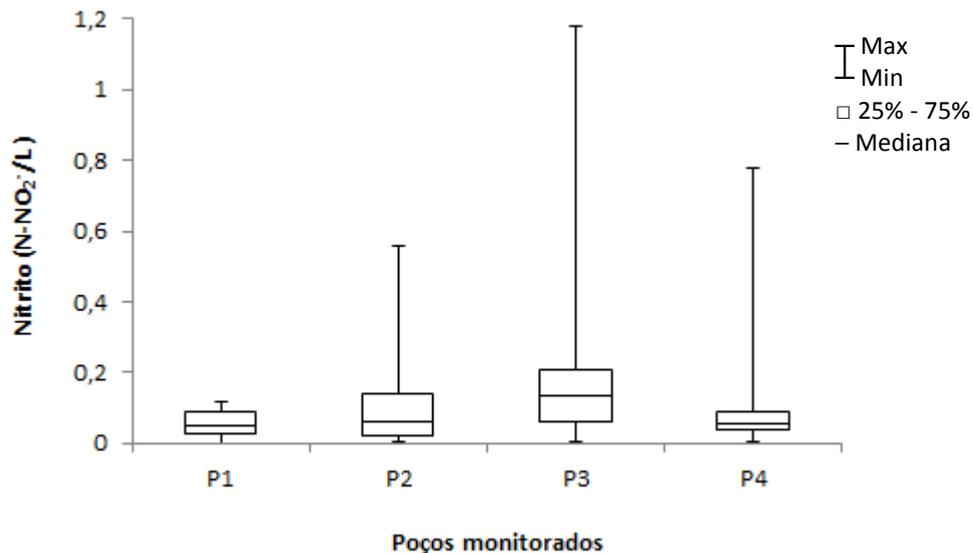
Fonte: Visual MODFLOW, Frazzio *et al* ,(2011).

Nitrito

Os valores encontrados (Figura 66 e Tabela 16A, apêndice A), não indicam contaminação nas águas subterrâneas para esse parâmetro, levando em conta que o nitrito é um íon muito instável, sendo rapidamente oxidado a nitrato ou reduzido, dependendo das condições ambientais. Entretanto, isso não implica ausência de outros compostos nitrogenados como amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+) e nitrogênio orgânico, que não foram analisados neste trabalho.

Apenas uma das amostras no poço P3 no mês de março de 2010 apresentou 1,180 mg $\text{N-NO}_2^-/\text{L}$, acima do que preconiza a legislação que é 1,0 mg/L de Nitrito.

Figura 66 - Boxplot do nitrito da água nos poços monitorados durante o período de 2009 e 2010.



Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos segundo Von Sperling (2005) são partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel de filtro de tamanho especificado.

Excesso de sólidos dissolvidos pode levar a graves problemas de salinização do solo. A presença de sólidos dissolvidos relaciona-se também com a condutividade elétrica da água (PIVELI & KATO, 2005).

Em grande parte das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma estimativa dos sólidos totais dissolvidos na água (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

No monitoramento a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram determinados por métodos específicos, mas essa estimativa não foi observada em todos os poços no período estudado.

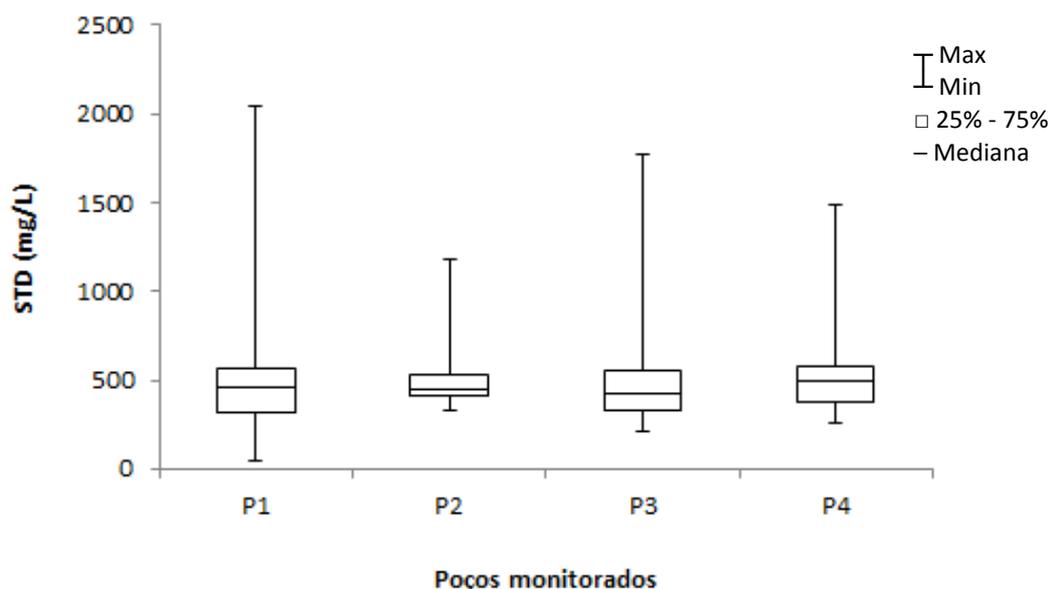
Conforme (Figura 67) os valores encontrados de STD nos períodos de monitoramento em sua maioria (90,8%) estão abaixo de 1000 mg/L, sendo que todos os poços apresentaram, em algum momento da segunda etapa do monitoramento, valores acima do VMP estabelecido pela portaria 2914/11 MS (Tabela 17A, apêndice A).

Em março de 2009 com início do período chuvoso os poços P2, P3, e P4 apresentaram os maiores valores, 669 mg/L, 549 mg/L e 710 mg/L, respectivamente, mas dentro dos limites estabelecidos pela portaria 2914/11 MS .

O poço controle (P1) apresentou a maior oscilação, de 224 a 2046 mg/L, não servindo assim de comparação como poço sanitariamente protegido para o presente estudo, dificultando esta discussão.

O poço P4 ultrapassou o VMP em 17,6% das amostras, os poços P1, P2 e P3 ultrapassaram o VMP (1000 mg/L) em 5,9% das amostras. Os maiores valores para os poços P2, P3 e P4 na segunda etapa do monitoramento, ficaram acima do limite posto pela portaria do MS (P2 1174 mg/L, P3 1776 mg/L e P4 1216 mg/L). Todos os poços apresentaram medianas entre 422 mg/L a 490 mg/L (Tabelas 3A, 4A, 5A e 6A).

Figura 67- Boxplot dos sólidos totais dissolvidos da água nos pontos monitorados durante o período de 2009 e 2010



6.3.2 Parâmetros microbiológicos

As bactérias do grupo coliforme habitam normalmente o intestino de homens e de animais, servindo, assim como indicadoras da contaminação por fezes. Como grande parte das doenças de veiculação hídrica é transmitida por via fecal, isto é, os organismos

patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo contaminar as pessoas que utilizam de forma inadequada essa água, conclui-se que as bactérias coliformes podem ser usadas como indicadoras dessa contaminação. Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de que haja contaminação por organismos patogênicos (BRASIL, 2006b). Por isso, essas bactérias foram utilizadas como indicadoras nessa pesquisa, já que não devem ser encontradas em águas potáveis.

Além desses, outros indicadores são propostos para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas passíveis de contaminação por cemitérios, segundo Martins *et al.* (1991) acrescentam-se os clostrídios, as bactérias proteolíticas e lipolíticas. Estas últimas não foram objeto de estudo na dissertação.

Os clostrídios sulfito redutores são bactérias de morfologia bacilar, gran positiva, anaeróbias estritas, formadores de esporos e conforme Martins *et al.*(1991) são mais resistentes às condições ambientais adversas, permanecendo por um longo período no solo, por isso são indicadores de poluição remota ou tardia.

As bactérias proteolíticas, normalmente são estudadas na microbiologia de alimentos como decompositoras de carnes e outros produtos de origem animal (MARINHO, 1998; ESPINDULA, 2004), são encontradas em quantidades mínimas ou estão ausentes em poços nas áreas que não contêm contaminação.

As bactérias heterotróficas também foram determinadas, apesar de não serem consideradas patogênicas. Ocorrem naturalmente na água e no solo, mas em concentrações elevadas na água é um indicativo da presença de matéria orgânica, podendo constituir risco a saúde humana, como também deteriorar a qualidade da água, provocando o aparecimento de odores e sabores desagradáveis.

Segundo a portaria 2914/11 do MS em 20% das amostras mensais para coliformes totais, devem ser realizada contagem para bactérias heterotróficas com um limite máximo tolerável de 500 UFC/mL.

Coliformes totais

O padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano, segundo a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, é ausência em 100 mL. Nos pontos estudados

houve presença de coliformes totais nos poços P1 e P4 em 93,3% das amostras nos poços P2 e P3 em 100% das amostras (Tabela 18A, apêndice A), estando todos os poços em desconformidade com a legislação vigente sobre potabilidade da água.

Os altos valores encontrados de coliformes totais (Tabela 10) nos pontos localizados nos cemitérios podem estar relacionados a vários fatores, como o ciclo de sepultamento, o tempo de construção dos poços, a falta de saneamento básico, sendo que os poços localizados nos pontos P3 e P4 estão permanentemente abertos, tendo grande influência do ambiente na sua contaminação.

Observa-se que nos poços P1 e P3, os coliformes totais não foram detectados, no mês de julho de 2010 e em outubro de 2009 (Tabela 18 A, Anexo A), No mês de julho, a ausência pode estar relacionada ao período de maior precipitação, mas no poço P3 onde há grande contaminação essa ausência pode ter ocorrido por um resultado falso-negativo.

Estes resultados (falso-negativos) podem levar riscos para a saúde humana e ambiental, se, por exemplo, as concentrações de coliformes totais em amostras de água forem baixas ou não detectáveis devido à presença de *P. aeruginosa*, mas depois condições favoráveis permitam o recrescimento dos coliformes incluindo cepas potencialmente patogênicas (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

Tabela 10 - Análise estatística descritiva dos coliformes totais (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento

Pontos	N	X^-	\bar{X}	X^+	s
P1	14	0	$3,08 \times 10^2$	$1,41 \times 10^3$	$4,79 \times 10^2$
P2	16	10	$7,5 \times 10^4$	$6,3 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
P3	16	0	$3,84 \times 10^5$	$5,5 \times 10^6$	$1,36 \times 10^6$
P4	16	$3,3 \times 10^1$	$8,44 \times 10^4$	$6,1 \times 10^5$	$1,51 \times 10^5$

N : número de observações; X^- : valor mínimo observado; \bar{X} : média aritmética;

X^+ : valor máximo observado; s : desvio padrão.

E. coli

Segundo Von Sperling (2005), a *E. coli* é a principal bactéria do grupo coliformes fecais, sendo abundante nas fezes humanas e de animais de sangue quente, e a única que dá garantia que a contaminação seja exclusivamente fecal.

A bactéria *E. coli* para o poço P1 (*background*), durante o período estudado, esteve presente em 64,29 % das amostras (Tabela 19A, apêndice A), estando em desacordo com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que é ausência em 100 mL para o consumo humano. O maior valor para esse poço na segunda etapa do monitoramento foi de 40 UFC/100 mL ocorrido no mês de março de 2010.

Os poços P2 e P3, durante o período estudado, apresentaram ausência em pelo menos duas amostras (12,5%). O poço P4 apresentou valor máximo dentre todas as amostras coletadas (Tabela 11), estando também em desacordo com os padrões de potabilidade.

Tabela 11 - Análise estatística descritiva da *E. coli* (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento

Pontos	<i>N</i>	X^-	\bar{X}	X^+	<i>s</i>
P1	14	0	$6,61 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$2,4 \times 10^3$
P2	16	0	$3,54 \times 10^2$	$1,2 \times 10^3$	$4,6 \times 10^2$
P3	16	0	$1,85 \times 10^5$	$2,94 \times 10^6$	$7,35 \times 10^5$
P4	16	0	$2,15 \times 10^3$	$3,0 \times 10^4$	$7,43 \times 10^3$

N : número de observações; X^- : valor mínimo observado; \bar{X} : média aritmética; X^+ : valor máximo observado; *s*: desvio padrão.

Bactérias heterotróficas

As bactérias heterotróficas são aquelas que usam compostos orgânicos como fonte de carbono compreende a grande maioria dos habitantes do solo, que usam substâncias orgânicas como fonte de energia e são primariamente relacionadas com a decomposição da celulose e hemiceluloses, gomas e açúcares, proteínas e outros materiais nitrogenados e gorduras (MATOS, 2001; FUNASA, 2007).

A presença de bactérias heterotróficas foi maior (Tabela 12), nos poços localizados no cemitério São José (P3 e P4), onde 18,75% das amostras coletadas apresentaram valores em desconformidade com os padrões de potabilidade que é de 500 UFC/mL. Nestes poços, as concentrações médias de bactérias heterotróficas foram da ordem de 10^4 a 10^5 UFC/100 mL. Esses elevados valores estão de acordo com os estudos realizados por Matos (2001) e Espindula (2004), nos cemitérios Vila Nova Cachoeirinha, em São Paulo e da Várzea, em Recife, os quais detectaram elevadas concentrações de bactérias heterotróficas, da ordem de $5,3 \times 10^4$ UFC/100 mL e $2,46 \times 10^5$ UFC/100 mL, respectivamente.

Tabela 12 - Análise estatística descritiva das Bactérias Heterotróficas (UFC /100 mL) obtidos no período de monitoramento

Pontos	N	X^-	\bar{X}	X^+	s
P1	14	0	$6,0 \times 10^3$	$6,4 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
P2	16	0	$2,45 \times 10^5$	$3,7 \times 10^6$	$9,21 \times 10^5$
P3	16	0	$4,66 \times 10^4$	4×10^5	$9,63 \times 10^4$
P4	16	3×10^3	$1,26 \times 10^5$	$1,03 \times 10^6$	$2,76 \times 10^5$

N : número de observações; X^- : valor mínimo observado; \bar{X} : média aritmética; X^+ : valor máximo observado; s : desvio padrão.

Clostridium perfringens

Embora o intestino abrigue uma grande variedade de microorganismos, apenas um pequeno grupo tem sido apontado como principais colonizadores de cadáveres humanos durante a putrefação (ou seja, durante os primeiros dias após a morte), que são *Clostridium spp*, *Streptococcus* e enterobactérias (WHO, 1998).

Segundo Von Sperling (2005), o *clostridium perfringens*, normalmente está presente nas fezes em número bem menor que a *E. coli*, podendo sobreviver por mais tempo na água que outros organismos do grupo coliforme, devido às condições de sobrevivência de seus esporos. Por causa dessa longevidade foi considerado indicador de contaminação tardia, remota ou intermitente.

A portaria 2914/2011 do MS não faz referência sobre o *Clostridium perfringens*, que foi utilizado neste estudo como indicador de contaminação remota e como um bom

indicador da contaminação por necrochorume, segundo Matos (2001), sendo bastante persistente no meio.

Nos poços localizados nos cemitérios (P2, P3 e P4) a presença de *Clostridium perfringens* é bastante elevada (Tabela 21A, apêndice A), sugerindo possível contaminação proveniente das sepulturas.

No período estudado o P1, poço de controle, apresentou ausência em 23,08% e os menores valores. As maiores concentrações ocorreram nos poços P3 e P4 conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Análise estatística descritiva dos *Clostridium perfringens* (NMP /100 mL) obtidos no período de monitoramento

Pontos	N	X^-	\bar{X}	X^+	s
P1	13	0	$3,46 \times 10^1$	$2,3 \times 10^2$	$6,06 \times 10^1$
P2	13	2×10^1	$3,47 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$	$3,3 \times 10^2$
P3	13	4×10^1	$5,57 \times 10^2$	$2,2 \times 10^3$	$5,96 \times 10^2$
P4	13	$1,3 \times 10^2$	$1,45 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4$	$4,37 \times 10^3$

N : número de observações; X^- : valor mínimo observado; \bar{X} : média aritmética;
 X^+ : valor máximo observado; s : desvio padrão.

Bactérias proteolíticas

Segundo Martins *et al.* (1991), a presença de bactérias proteolíticas, na água subterrânea, provavelmente, deve estar relacionada com a presença de necrochorume no aquífero. Os autores encontram níveis elevados dessas bactérias nas águas subterrâneas dos cemitérios estudados e concluíram que provavelmente são oriundas dos processos de decomposição dos corpos.

Matos (2001), em uma análise de uma amostra do percolado de sepultamentos, provocado pelo extravasamento, encontrou números elevados de bactérias proteolíticas (9.000 NMP/100 mL), concluindo que as mesmas são um indicador eficiente na detecção da contaminação por necrochorume.

As bactérias proteolíticas só foram determinadas a partir da sétima coleta do ano de 2010. Verificou-se somente presença ou ausência não sendo realizada contagem bacteriológica. A determinação dessas bactérias teve o objetivo de verificar o contágio das águas pela presença do liquame.

Os resultados estão indicados na Tabela 14, a presença dessa bactéria foi detectada pela liquefação do meio de cultura nos poços P3 e P4 (Tabela 14) nos meses de setembro e outubro de 2010, indicando atividade proteolítica. Esses poços estão localizados no cemitério de maior fluxo de enterros da cidade, sugerindo a contaminação do aquífero por necrochorume.

A ausência dessa bactéria no poço P2 pode estar relacionada com fim da prática de sepultamento por inumação no solo no Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo desde dezembro de 2009, segundo informações da administração. No poço P1 (*background*) não era esperada a presença de bactérias proteolíticas nas águas subterrâneas, por não haver corpos em decomposição nessa área.

Tabela 14 - Determinação das bactérias proteolíticas nos meses de agosto a outubro de 2010

Pontos	Ago.	Set.	Out.
P1	-	-	-
P2	-	-	-
P3	+	+	+
P4	+	+	+

(+) PRESENÇA; (-) AUSÊNCIA.

7 CONCLUSÕES

No período estudado, observou-se que:

- ✓ Todos os poços apresentaram coliformes totais e/ou *E. coli* em 100 mL de amostra analisada, apesar de em alguns períodos os mesmos estarem ausentes, não atendendo assim aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 2914 do MS. Isto indica que as águas não apresentam condições higiênicas e sanitárias para o consumo humano;
- ✓ Foram detectados esporos de *Clostridium perfringens*, em todos os poços o que sugere contaminação remota ou intermitente;
- ✓ A presença de bactérias heterotróficas totais foi maior nos pontos localizados no Cemitério São José, ultrapassando, em alguns meses, 500 UFC/ mL;
- ✓ As bactérias proteolíticas também foram detectadas nos poços localizados no cemitério São José, sugerindo a contaminação do aquífero por necrochorume;
- ✓ No Cemitério Nossa Senhora Mãe do Povo, a ausência de bactérias proteolíticas possivelmente deve-se ao fim da prática de sepultamento por inumação no solo;
- ✓ As variáveis: cor, turbidez e nitrato apresentaram valores muito elevados em relação aos padrões estabelecidos pela portaria 2914/2011 do MS, para consumo humano.
- ✓ Os valores encontrados para o nitrito durante o período estudado estavam dentro dos padrões de potabilidade, exceto em uma das amostras, o poço P3 (1,180 mg N-NO₂⁻/L);
- ✓ Os valores elevados de nitrato podem ter outras fontes de contaminação além do necrochorume, por exemplo, falta de esgotamento sanitário na região do monitoramento;
- ✓ Os resultados apresentados dão indícios de contaminação das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió, que provavelmente tem origem em função das atividades antrópicas e das potenciais fontes poluidoras, dentre elas os cemitérios;
- ✓ Sugere-se que os sepultamentos por inumação no solo sejam substituídos por tumulação com o fundo dos túmulos estanques (vedados);
- ✓ Os próximos projetos para a implantação ou ampliação dos cemitérios, devem atender à legislação em vigor, visando a proteção e preservação do solo e das águas subterrâneas;

- ✓ Sugere-se a implantação na cidade de Maceió, de uma rede de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas com foco nas áreas de potencial contaminação (como é o caso dos cemitérios), utilizando os poços já existentes nas necrópoles ou outros a serem perfurados, para uma melhor avaliação da situação ambiental dessas áreas;
- ✓ Os cemitérios estudados, aos poucos poderiam ser desativados, porque estão localizados em áreas de vulnerabilidade média, e podem contaminar as águas subterrâneas.
- ✓ Novos espaços para esta atividade devem ser estudados, considerando as suas características geológicas e litológicas.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Novos estudos devem ser realizados com foco na ocorrência e quantificação de bactérias proteolíticas e lipolíticas, degradadoras de proteínas e lipídios, respectivamente, consideradas indicadoras mais específicas de contaminação ambiental por necrochorume.
- ✓ Perfuração de poços de amostragem, no interior dos cemitérios e nas áreas adjacentes, também deve ser realizada, com objetivo de monitorar a profundidade do lençol freático, a pluma do necrochorume e a qualidade da água subterrânea.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. **Lei Estadual nº 7.094, de 2 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas de domínio no Estado de Alagoas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.cep-al.com.br/?q=node/695>>. Acesso: 11 set. 2011.

ALMEIDA, F. R.; ESPINDULA, J. C.; VASCONCELOS, U.; CALAZANS, G. M. T. Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o Cemitério da Várzea em Recife - PE. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.20, n.2, p.19-26, 2006.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 20. ed. Washington DC, 1999.

BOCCHESI, M. V.; PELLIZZARO, L.; BOCCHESI, J. K. Problemas ambientais decorrentes do cemitério municipal de Pato-Branco-PR. **Revista Eletrônica Geoambiente On-line**. Goiás, n.9, jul-dez, 2007.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Brasília, DF, 1981.

BRASIL. **Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004**: subsídios para implementação. Brasília, DF, 2005. 28 p. Série E. Legislação em Saúde

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006 a. 284p. Série A. Normas e Manuais Técnicos.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006 b. 212 p. Série B. Textos Básicos de Saúde.

BRASIL. **Portaria do Ministério da Saúde nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011b.

BRASIL. **Proposta de Resolução CNRH nº 92 de 05 de novembro de 2008**. Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Brasília, DF, 2008 a.

BRASIL. **Resolução CNRH nº 107, de 13 de abril de 2010**. Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 335, de 03 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 2003.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 368 de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 2006 c.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008 b.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008**. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 2008 c.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, completa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Brasília, DF, 2011 a.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do Potencial de Poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.

CASAL - Companhia de Saneamento de Alagoas – Municípios Abastecidos. 2011 a. Disponível em: <<http://www.casal.al.gov.br/atuacao/municipios-abastecidos/>>. Acesso em: 27 ago. 2011.

CASAL- Companhia de Saneamento de Alagoas – Esgotamento Sanitário. 2011 b. Disponível em: <http://www.casal.al.gov.br/atuacao/esgotamento-capital/>>. Acesso em: 27 ago. 2011.

CASTRO, D. L.. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza – CE. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n.3. 18p. 2008.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L5/213: Clostridium perfringens**: determinação em amostras de água pela técnica dos tubos múltiplos. Método de ensaio. São Paulo: CETESB, 1993. 27p.

CLEARY, W. R. **Águas subterrâneas**. 1989. Disponível em: <<http://www.clean.com.br/cleary.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

COMDEC -Coordenadoria municipal de Defesa Civil . **Plano Municipal de redução de risco de Maceió , Alagoas**. Mapeamento de risco. 2007. Produto 2 .

COSTA, A. C. S.; BARROS, C. E. C. PINTO, P. A. Implantação de um crematório em Maceió: Um estudo do Potencial de Mercado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XVII., 2007, Maceió. **Anais...** Maceió, 2007.

COSTA; D. S. C.; SOUZA; R. M. Os potenciais impactos ambientais causados por cemitérios: Necessidades de políticas públicas. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, V., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2007.

DAMASCENO, A. **Qualidade (Sensorial, microbiológica, físico-química e parasitológica) de salmão (*Salmo Salar*, Linnaeus, 1778) resfriado, comercializado em Belo Horizonte – Minas Gerais.** 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- Escola de Veterinária, Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.

DENT, B.B; KNIGHT, M. J. **Cemeteries: a special kind of landfill.** National Center for Groundwater Management. University of Technology. Sidney, Austrália. 2006.

ENVIRONMENTAL AGENCY. **Assessing the groundwater pollution potencial of cemetery developments.** Disponível em: <www.environment-agency.gov.uk> Acesso em: 12 dez. 2006.

ESPINDULA, C. J. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea - Recife.** 2004. 131f. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

ESTEVES, F A. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro-RJ: Ed Interciência, FINEP. 1988. 557p.

FAZZIO, A. L.; MENEZES, J. C. M.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; SILVA, F.V; FERREIRA, I. V.L; FREIRE, C.C. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas na região metropolitana de Maceió e influência do fluxo subterrâneo na dispersão dos contaminantes.** 2011. Trabalho apresentado ao XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, Maceió, 2011.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações.** 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2011. 391 p il.

FOSTER, S; HIRATA. R; GOMES. D; D'ELIA. M; PARIS. M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities, and Environment Agencies.** 2011.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande - MT.** Brasília. In: Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública/ Fundação Nacional de Saúde. Funasa, 2007. 118p.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde In: Engenharia de Saúde Pública. Orientações Técnicas. 2004. 408 p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHMSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. (I.B.P. Handbook 8), 2. ed. Blackwell Scientific publications. 1978. 213p.

HILDEBRANDT, A.; GUILHAMÓN, M.; LACORTE, S.; TAULER, R.; BARCELÓ, D. Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). **Water Research**, n. 42, p.3315-26, 2008.

HYPÓLITO, R.; EZAKI, S. Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de aterros sanitários da Região Metropolitana de São Paulo - SP. **Águas Subterrâneas**. v.20, n.1, p. 99-114, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro Geográfico de Estatística -. Alagoas – Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

LIMA J.C; PEDROSA, V. A; ROCHA J.S. Avaliação da concentração de nitrato nas águas subterrâneas no bairro do farol, em Maceió-Alagoas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, IX., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador, 2008.

MACEIÓ. **Lei nº 3.538, 23 de dezembro de 1985**. Código de Posturas do Município de Maceió. Maceió, AL. Altera o Código de Posturas de Maceió, instituído pela Lei nº 2585, de 8 de junho de 1979. Publicado no diário oficial de Maceió 23 de dezembro de 1985.

MACEIÓ. **Lei nº 4.548, de 21 de novembro de 1996**. Código Municipal do Meio Ambiente. Maceió, AL. 1996.

MACEIÓ. **Lei nº 5.593, de 08 de fevereiro de 2007**. Institui o Código de Edificações do município de Maceió, estabelece o zoneamento da cidade de acordo com os parâmetros de macrozoneamento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e dá outras providências. Maceió, AL. 2007.

MACEIÓ. **Lei nº 5486 de 30 de dezembro 2005**. Institui o Plano Diretor do Município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. Maceió, AL. 2005.

MACHADO, A.D. S. **Atividade Proteolítica de pseudomonas fluorescens em biofilmes e detecção das células por anti-soro policlonal**. 2006. 87f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa, 2006.

MARCKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis**: Some revised methods for limnologists, Freshwater Biological. Association Kendall: Tilus Wilson & Son Ltda. 1978. 117p.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ed. Omega S/A. 1983. 1010p.

MARINHO, A. M. C. P. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo de caso: Cemitério São João Batista, Fortaleza/CE**. 1998. 77f Dissertação (Mestrado)- Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MARTIM, A. G.; SILVA, F. F; BÃÇON, A. Aspectos do Meio Físico a serem observados para Implantação de Cemitérios Horizontais. **Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, vol.2, n. 1, Jan-Jun, 2008.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista Saúde Pública**, v.25, p.47-52, 1991.

MATOS, B. A. **Avaliação ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha município de São Paulo**. 2001. 113f. Tese (Doutorado)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-19122001-082301/>> Acesso em: 23 ago. 2009.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos. Estudo do cemitério Vila Formosa na Bacia Sedimentar de São Paulo**. 1994. 74f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MMA - Ministério do Meio Ambiente- Disponível em: <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 6 mar. 2012.

PACHECO, A. **Cemitério e Meio Ambiente**. 2000. 102f. Tese (Livre Docência)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PACHECO, A. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. **Revista do Sistema de Planejamento e de Administração Metropolitana**. São Paulo, Ano IV. n 17, p.25-37, 1986.

PÁDUA, V. L. (Coord.) **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 392p. Projeto PROSAB.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005. 285p.

POUNDER, D. J. Postmortem changes and time of death. 2005. Disponível em: <<http://www.dundee.ac.uk/forensicmedicine/llb/timedeat.htm>>. Acesso em: 2 de mar. 2009.

ROCHA, W. J. S.; CAMPOS, J. E. G.; CAVALCANTE, A. T. Estudo da Evolução Potenciométricas dos Aquíferos da Região de Maceió - AL. **Geociências**, Universidade Estadual de São Paulo, v. 24, n. 2, p. 193-201, 2005.

SANTOS, M. V. C.; SILVA, J. L.; FERREIRA, I. V. L.; FREIRE, C. C. Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas nas proximidades dos cemitérios da parte baixa da cidade de Maceió - AL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., Belo Horizonte, 2007. **Anais...** Belo Horizonte, 2007.

SAWYER, C.N; MCCARTY P.L; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5th ed. New York: McGraw-Hill. 2003. 752p.

SEMARH-Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos -. 2010. Disponível em: www.semarh.al.gov.br/tempo%20e%20clima/balanco.../ano.../maceio.> Acesso em: 10 out. 2011.

SEMARH-Secretaria do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais. Convênio ANA/SEMARHN. Maceió – Alagoas. **Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado de Alagoas** – Etapa III, 2004.

SILVA, F. C; SUGUIO. K.; PACHECO, A. Avaliação Ambiental Preliminar do Cemitério de Itaquera, segundo a Resolução CONAMA 335/2003, Município de São Paulo. **Revista UNG - Geociências** v.7, n.1, p. 31-47. 2008.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, v.44, n. 263, p. 24-29, set. 2009.

TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRS/ABRH, 2007.

TUCCI, C. E. M.; CABRAL, J. J. S. P. **Qualidade da água subterrânea**. 2003. Disponível em:< http://www.cgee.org.br/arquivos/a3b_agua_sub.pdf >. Acesso em: 18 fev.2009.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 248p.

VANRELL, J. P. **Mecanismo da Morte**. 2004. Disponível em: <[http:// www.pericias-forenses.com.br/mecamorte.htm](http://www.pericias-forenses.com.br/mecamorte.htm)> Acesso em: 23 de ago. 2009.

VASCONCELOS, U; LIMA. M..A..G..A.; CALAZANS. G..M. T. Pseudomonas Aeruginosa Associated With Negative Interactions on Coliform Bacteria Growth. **Canadian Journal of Pure and Applied Sciences**. v. 4 n. 2, p.1133 -1139, jun. 2010.

VASS, A. A. Beyond the grave – understanding human decomposition **Microbiology Today**, v 28, p 190, nov. 2001.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. 452p.

WENDLAND, E. **Modelos Matemáticos e Métodos Numéricos em Águas Subterrâneas**. São Carlos, SP: SBMAC, 2003 xii, 95 p. - (Notas em Matemática Aplicada; 3).

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for Drinking-Water Quality, Volume 1: Recommendations**. 1993. 2nd ed. Capítulo 2: Microbiological aspects. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/>. Acesso em: 27 fev. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **The impact of cemeteries on the environment and public health.** A introductory briefing. Copenhagen, Denmark: Regional office for Europe. 1998. 11p. Disponível em: <http://www.sincep.com.br/associados/artigos_017.htm> Acesso em: 17 de jan. 2011.

APÊNDICE A – Resultados experimentais

Tabela 1.A – Valores do nível estático da água obtidos no poço P3 no período de monitoramento

Nível estático (m)							
	Ponto	Meses					
		Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	P3	3,33	3,80	4,30	4,45	5,00	4,86

Meses	Jan	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	
2010	P3	5,15	5,20	4,85	4,30	4,66	4,08	4,12	4,18	4,25

Tabela 2.A – Valores de temperatura do ar obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Temperatura do ar (°C)								
	Pontos	Meses						
		Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez
2009	P1	-	-	29,2	29,0	30,0	30,0	30,0
	P2	28,5	31,4	28,5	28,2	32,0	29,0	31,0
	P3	31,0	32,7	32,0	28,2	29,0	30,8	33,0
	P4	32,0	31,2	32,0	27,0	30,0	30,5	32,0

		Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
2010	P1	31,5	32,0	33,0	35,0	31,0	29,0	29,0	27,0	28,0	28,7
	P2	31,0	32,0	33,0	34,0	30,0	28,0	29,0	28,0	29,4	29,0
	P3	33,0	33,0	33,0	34,0	33,0	30,1	28,0	28,0	29,8	30,3
	P4	32,0	32,0	32,0	34,0	31,0	29,4	30,0	26,5	30,0	30,4

Tabela 3.A – Análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos obtidos no poço P1, no período de monitoramento

Variáveis	N	Mínimo	Médio	Mediana	Máximo	Desvio padrão
Temperatura do ar (°C)	15	27,0	30,2	30,0	35,0	2,1
Temperatura da água (°C)	15	28,3	29,5	29,4	31,3	0,9
Cor (uC)	15	1,4	15,2	4,4	98,0	29,3
Condutividade (mS/cm)	15	0,170	0,415	0,373	0,659	0,146
Turbidez (uT)	15	0,5	4,5	4,1	9,7	3,0
pH	15	5,68	7,21	7,48	8,33	0,78
Cálcio (mg CaCO ₃ /L)	9	84,70	107,23	105,06	142,52	17,99
STD (mg/L)	15	224	555	464	2046	464
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	15	34,64	73,20	79,44	88,06	15,31
Nitrato (N-NO ₃ ⁻ /L)	15	2,334	28,910	30,034	51,312	16,613
Nitrito (N-NO ₂ ⁻ /L)	15	0,000	0,054	0,049	0,118	0,041
Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)	14	10,461	24,754	24,217	48,508	8,948

N: número de observações

Tabela 4.A - Análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos obtidos no poço P2, no período de monitoramento

Variáveis	N	Mínimo	Médio	Mediana	Máximo	Desvio padrão
Temperatura do ar (°C)	17	28,0	29,4	29,4	34,0	1,9
Temperatura da água (°C)	17	27,8	28,3	28,8	30,0	0,6
Cor (uC)	17	2,0	13,5	11,6	34,5	8,3
Condutividade (mS/cm)	16	0,309	0,448	0,452	0,605	0,080
Turbidez (uT)	16	5,0	11,5	10,5	21,6	4,1
pH	16	5,96	7,34	7,46	8,18	0,54
Cálcio (mg CaCO ₃ /L)	9	85,51	117,95	95,28	223,96	45,36
STD (mg/L)	16	324	521	448	1174	208
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	16	28,71	51,63	51,69	70,83	11,57
Nitrato (N-NO ₃ ⁻ /L)	16	0,171	7,249	4,41	25,006	8,047
Nitrito (N-NO ₂ ⁻ /L)	16	0,005	0,109	0,061	0,560	0,138
Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)	16	15,240	29,252	28,367	54,952	10,524

N: número de observações

Tabela 5.A - Análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos obtidos no poço P3, no período de monitoramento

Variáveis	N	Mínimo	Médio	Mediana	Máximo	Desvio padrão
Temperatura do ar (°C)	17	26,5	31,1	31,0	34,0	2,1
Temperatura da água (°C)	17	27,6	29,2	29,4	30,8	0,9
Cor (uC)	17	10,1	56,2	49,4	141,0	29,5
Condutividade (mS/cm)	17	0,188	0,370	0,310	0,641	0,167
Turbidez (uT)	17	3,1	13,9	10,6	51,4	13,9
pH	17	5,84	6,83	6,85	7,54	0,47
Cálcio (mg CaCO ₃ /L)	9	17,10	67,91	74,92	103,02	24,59
STD (mg/L)	17	214	511	422	1776	356
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	17	24,89	75,37	72,27	127,30	30,25
Nitrato (N-NO ₃ ⁻ /L)	17	11,400	45,137	23,45	112,226	36,032
Nitrito (N-NO ₂ ⁻ /L)	17	0,006	0,211	0,135	1,180	0,279
Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)	16	0,000	0,501	0,000	5,807	1,485

N: número de observações

Tabela 6.A - Análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos obtidos no poço P4, no período de monitoramento

Variáveis	N	Mínimo	Médio	Mediana	Máximo	Desvio padrão
Temperatura do ar (°C)	17	26,5	30,7	31,0	34,0	1,9
Temperatura da água (°C)	17	26,2	29,1	29,1	31,9	1,3
Cor (uC)	17	12,0	92,9	98,0	139,4	31,8
Condutividade (mS/cm)	17	0,258	0,422	0,41	0,739	0,136
Turbidez (uT)	17	3,5	17,9	10,5	91,9	25,4
pH	17	5,53	6,63	6,68	7,32	0,51
Cálcio (mg CaCO ₃ /L)	9	67,59	92,98	84,29	138,45	25,29
STD (mg/L)	17	254	588	490	1482	353
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	17	35,41	71,64	71,79	111,99	22,27
Nitrato (N-NO ₃ ⁻ /L)	17	22,571	63,246	55,520	124,676	29,684
Nitrito (N-NO ₂ ⁻ /L)	17	0,006	0,140	0,056	0,780	0,230
Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)	16	0,000	1,022	0,000	5,939	2,013

N: número de observações

Tabela 7.A – Valores de temperatura da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Temperatura da água (°C)												
Pontos	Meses											
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez					
2009	P1			29,8	28,4	29,2	30	29,2				
	P2	28,7	27,8	28,1	28,2	29,5	28,8	30				
	P3	30,3	30,8	27,6	27,6	28,2	29,3	29,7				
	P4	30,2	29,6	28,0	26,2	28,2	28,7	29,8				
2010	P1	31,3	30,5	31,1	29,4	30,0	28,7	28,4	29,0	29,7	28,3	
	P2	29,4	29,6	29,6	29,2	29,2	28,5	28,6	28,5	29,0	28,8	
	P3	29,9	30,6	31,9	29,7	29,5	29,0	27,4	28,0	29,1	29,4	
	P4	30,7	30,9	31,0	28,0	29,3	28,8	27,2	27,0	29,0	28,0	

Tabela 8.A – Valores de condutividade da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Condutividade (mS/cm)											
Pontos	Meses										
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez				
2009	P1			0,261	0,359	0,373	0,432	0,371			
	P2	0,46	0,42	0,443	0,38	0,484	0,518	0,415			
	P3	0,36	0,28	0,22	0,31	0,25	0,276	0,238			
	P4	0,41	0,45	0,475	0,307	0,283	0,406	0,272			
2010	P1	0,336	0,362	0,207	0,472	0,482	0,659	0,545	0,644	0,546	0,651
	P2	0,309	0,336	0,346	0,506	0,414	0,544	0,481	0,605	0,499	---
	P3	0,219	0,193	0,188	0,374	0,343	0,602	0,58	0,633	0,579	0,641
	P4	0,266	0,258	0,272	0,406	0,439	0,739	0,531	0,559	0,528	0,568

Tabela 9.A – Valores de cálcio da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

		Cálcio (mg CaCO ₃ /L)									
Meses		Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
2010	P1	110,35	84,70	114,42	142,52	105,06	121,35	86,33	96,1	104,24	---
	P2	112,39	88,77	85,51	223,96	92,84	156,36	92,43	114,02	95,28	---
	P3	61,49	53,75	58,64	17,10	75,33	90,81	103,02	74,92	76,15	---
	P4	67,59	67,59	73,3	138,45	84,29	125,82	104,24	92,03	83,48	---

Tabela 10.A – Valores de cor aparente da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

		Cor (uC)									
Pontos		Meses									
		Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez			
2009	P1			3,2	2,8	74,7	98,0	4,6			
	P2	11,6	12,0	5,7	3,0	8,5	11,0	10,4			
	P3	73,4	141	43,6	44,5	39,6	33,2	41,1			
	P4	139,4	12,0	79,3	77,4	74,7	98,0	117,7			
2010	P1	2,7	4,7	4,2	4,6	4,4	5,9	4,1	3,6	9,2	1,4
	P2	17,7	17,1	7,8	34,5	6,9	22,7	16,8	21,6	21,1	2,0
	P3	66,3	52,2	54,3	49,4	42,6	106,7	48,9	51,4	57,4	10,1
	P4	110	121,4	126,8	122,9	108,7	69,8	76,6	91,9	102,3	50,4

Tabela 11.A – Valores de turbidez da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Turbidez (uT)											
	Pontos	Meses									
		Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez			
2009	P1			9,7	1,3	1,25	4,1	0,46			
	P2	5,0	10,5	9,34	7,9	8,7	10,6	10,8			
	P3	7,0	7,14	7,03	6,6	10,6	11,5	11,2			
	P4	6,0	12	9,11	10,5	5,45	10,5	3,45			
2010	P1	1,02	3,91	3,40	2,55	4,64	8,93	4,10	5,70	7,73	7,96
	P2	10,5	10,40	8,71	15,70	10,21	15,30	16,90	21,6	12,70	---
	P3	3,14	10,80	12,30	7,31	7,21	10,20	48,8	51,4	10,90	12,7
	P4	6,58	6,33	11,40	8,24	10,50	12,30	77,1	91,9	11,10	11,1

Tabela 12.A – Valores de pH da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

		pH									
	Pontos	Meses									
		Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez			
2009	P1			7,52	5,91	7,91	6,5	5,68			
	P2	7,72	7,19	7,27	5,96	8,18	7,47	6,88			
	P3	6,36	6,45	6,85	5,84	7,34	6,99	7,51			
	P4	6,34	6,21	6,9	5,53	7,32	6,86	7,27			
2010	P1	6,30	8,33	7,30	7,48	7,89	7,48	7,88	7,08	7,66	7,25
	P2	6,90	7,73	7,51	7,52	7,43	7,69	7,94	6,61	7,44	-
	P3	7,54	7,35	7,06	6,96	6,81	6,96	6,79	6,26	6,43	6,61
	P4	7,25	7,03	6,21	6,61	6,68	6,75	7,08	5,80	6,45	6,46

Tabela 13.A – Valores de Cloreto da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Cloreto (mg Cl ⁻ /L)											
Pontos	Meses										
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez				
2009	P1	-	-	34,64	59,34	79,44	46,9	84,23			
	P2	28,71	70,83	50,73	66,04	34,46	47,86	53,6			
	P3	31,58	116,77	24,89	98,59	39,24	32,54	52,64			
	P4	35,41	89,01	98,59	47,86	40,68	46,9	62,21			
2010	P1	71,78	80,4	72,74	84,23	75,61	81,36	69,87	86,14	82,31	88,06
	P2	50,73	51,69	51,69	67,96	46,9	55,51	36,37	58,39	54,56	-
	P3	68,91	55,51	62,21	72,74	71,79	84,23	127,3	104,33	103,37	90,93
	P4	48,81	68,91	71,79	82,31	89,01	111,99	69,87	72,74	95,72	86,14

Tabela 14.A – Valores de sulfato da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)											
Pontos	Meses										
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez				
2009	P1	---	---	10,461	24,961	27,560	20,250	29,300			
	P2	23,102	28,679	30,91	27,563	28,930	27,960	28,550			
	P3	1,786	0,000	0,423	0,000	0,000	0,000	0,000			
	P4	2,778	0,547	1,414	0,000	0,000	0,000	0,000			
2010	P1	28,310	27,812	23,350	28,431	16,425	48,508	24,217	22,831	14,144	---
	P2	20,624	28,183	31,406	54,952	17,522	50,739	32,645	21,032	15,240	---
	P3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,807	---
	P4	0,000	0,000	0,000	0,000	5,939	0,000	0,000	0,000	5,676	---

Tabela 15.A – Valores de nitrato da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Nitrato (N-NO ₃ ⁻ /L)											
Pontos											
Meses	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez				
2009	P1			3,823	2,334	27,612	13,572	23,726			
	P2	18,977	22,000	1,120	4,179	10,962	25,006	10,209			
	P3	23,198	11,460	27,063	22,557	13,665	17,22	23,032			
	P4	33,608	38,750	49,880	37,734	37,142	53,623	56,350			
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	
2010	P1	22,643	30,034	34,776	40,088	44,315	51,312	46,309	41,106	51,128	41,292
	P2	6,082	4,940	4,638	2,240	1,767	2,833	0,659	0,199	0,171	---
	P3	44,862	12,834	11,40	71,76	23,447	74,368	108,813	75,721	93,635	112,226
	P4	22,571	55,520	55,52	51,963	96,901	66,207	96,973	83,391	114,324	124,676

Tabela 16.A – Valores de nitrito da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Nitrito (N-NO ₂ ⁻ /L)											
Pontos	Meses										
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez				
2009	P1			0,0002	0,0361	0,1175	0,0820	0,0950			
	P2	0,1895	0,5600	0,0440	0,0750	0,2210	0,1629	0,1120			
	P3	0,2524	0,5100	0,1409	0,0123	0,132	0,1015	0,2070			
	P4	0,0184	0,7100	0,1207	0,0393	0,0284	0,0390	0,0560			
2010	P1	0,0013	0,0298	0,1030	0,0512	0,0320	0,0489	0,0218	0,0674	0,0045	0,1150
	P2	0,1320	0,1010	0,0100	0,0056	0,0476	0,0161	0,0404	0,0205	0,0048	---
	P3	0,0017	0,000	0,0030	0,0033	0,0028	0,0634	0,0576	0,0154	0,0055	0,1350
	P4	0,1520	1,1800	0,1720	0,3130	0,1290	0,0493	0,0461	0,0525	0,0055	0,0875

Tabela 17.A – Valores de STD da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)												
Pontos	Meses											
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez					
2009	P1			244	456	672	396	224				
	P2	502	669	416	529	392	396	496				
	P3	422	549	288	358	248	268	214				
	P4	558	710	490	288	378	426	382				
2010	P1	502	2046	516	538	952	464	244	432	482	588	
	P2	410	552	446	450	772	324	440	366	1174	---	
	P3	392	584	330	426	1776	524	718	554	626	416	
	P4	278	326	454	534	1110	1482	522	1216	582	254	

Tabela 18.A – Valores de coliformes totais da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Coliformes Totais (UFC/100 mL)										
	Pontos	Meses								
		Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez		
2009	P1	**	**	$3,00 \times 10^2$	$3,00 \times 10^0$	$2,30 \times 10^1$	$1,00 \times 10^1$	$1,40 \times 10^3$		
	P2	$2,30 \times 10^3$	$2,00 \times 10^4$	$1,20 \times 10^4$	$5,10 \times 10^4$	$6,16 \times 10^4$	$1,00 \times 10^1$	$8,00 \times 10^2$		
	P3	$2,15 \times 10^4$	$1,40 \times 10^5$	$8,10 \times 10^4$	$6,00 \times 10^3$	$9,50 \times 10^3$	$0,00 \times 10^0$	$8,00 \times 10^3$		
	P4	$1,40 \times 10^4$	$2,00 \times 10^4$	$1,70 \times 10^4$	$7,00 \times 10^3$	$2,24 \times 10^4$	$3,30 \times 10^1$	$6,30 \times 10^4$		
2010	P1	$1,41 \times 10^3$	$3,00 \times 10^2$	$2,00 \times 10^2$	$7,00 \times 10^1$	$2,00 \times 10^0$	$0,00 \times 10^0$	$1,00 \times 10^2$	$3,00 \times 10^2$	$2,00 \times 10^2$
	P2	$5,30 \times 10^3$	$2,44 \times 10^5$	$6,30 \times 10^5$	$4,50 \times 10^1$	$9,00 \times 10^4$	$3,80 \times 10^4$	$1,00 \times 10^4$	$3,00 \times 10^4$	$5,00 \times 10^3$
	P3	$4,70 \times 10^3$	$1,70 \times 10^4$	$5,50 \times 10^6$	$4,30 \times 10^4$	$8,50 \times 10^4$	$9,00 \times 10^4$	$6,30 \times 10^4$	$3,00 \times 10^4$	$4,10 \times 10^4$
	P4	$5,70 \times 10^4$	$2,20 \times 10^3$	$6,10 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$2,10 \times 10^5$	$4,20 \times 10^4$	$3,00 \times 10^4$	$3,60 \times 10^4$	$6,00 \times 10^4$

Tabela 19.A – Valores de *E. coli* da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)										
Pontos	Meses									
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez			
2009	P1	**	**	1,00 x10 ¹	1,00 x10 ⁰	9,00 x10 ⁰	0,00	1,60 x10 ²		
	P2	0,00	2,00 x10 ⁰	1,00 x10 ¹	1,10 x10 ³	2,82 x10 ²	3,00 x10 ²	2,00 x10 ¹		
	P3	0,00	1,00 x10 ⁴	4,20 x10 ¹	8,00 x10 ⁰	7,00 x10 ²	0,00	2,00 x10 ²		
	P4	0,00	1,00 x10 ³	5,00 x10 ¹	2,10 x10 ²	5,40 x10 ¹	6,00 x10 ⁰	4,00 x10 ²		
2010	P1	1,70 x10 ¹	4,00 x10 ¹	0,00	1,00 x10 ¹	1,00 x10 ⁰	0,00	0,00	1,00 x10 ⁰	
	P2	3,30 x10 ¹	2,00 x10 ¹	5,80 x10 ²	0,00	1,00 x10 ¹	1,00 x10 ²	1,00 x10 ³	1,20 x10 ³	
	P3	4,10 x10 ¹	1,30 x10 ²	2,94 x10 ⁶	1,00 x10 ³	3,10 x10 ³	1,00 x10 ⁰	1,70 x10 ³	3,00 x10 ²	8,00 x10 ²
	P4	3,60 x10 ²	3,00 x10 ²	3,00 x10 ⁴	5,0 x10 ²	4,00 x10 ¹	2,00 x10 ²	2,00 x10 ²	4,00 x10 ²	6,00 x10 ²

Tabela 20.A – Valores de Bactérias Heterotróficas da água obtidos nos poços estudados no período de monitoramento

Bactérias Heterotróficas (UFC/100 mL)										
Pontos	Meses									
	Jan	Mar	Jun	Ago	Set	Out	Dez			
2009	P1	-	-	4,00 x10 ³	1,50 x10 ²	1,02 x10 ²	4,60 x10 ²	1,50 x10 ³		
	P2	5,00 x10 ²	1,00 x10 ⁴	0,00	2,00 x10 ⁴	5,15 x10 ²	2,00 x10 ²	2,20 x10 ⁴		
	P3	1,55 x10 ⁴	3,00 x10 ⁴	2,30 x10 ⁴	4,40 x10 ⁴	1,08 x10 ³	0,00	3,40 x10 ⁴		
	P4	1,39 x10 ⁴	5,70 x10 ³	9,80 x10 ³	3,40 x10 ⁴	5,40 x10 ⁴	3,00 x10 ³	1,80 x10 ⁴		
2010	P1	1,30 x10 ⁴	5,00 x10 ²	2,30 x10 ¹	6,40 x10 ⁴	2,80 x10 ²	0,00	1,40 x10 ²	1,30 x10 ¹	1,00 x10 ³
	P2	7,40 x10 ²	3,00 x10 ⁴	3,70 x10 ⁶	2,00 x10 ¹	2,80 x10 ³	2,30 x10 ⁴	4,00 x10 ⁴	3,50 x10 ⁴	4,30 x10 ⁴
	P3	1,60 x10 ⁴	3,10 x10 ⁴	5,80 x10 ⁴	6,40 x10 ⁴	1,00 x10 ³	4,00 x10 ⁵	2,00 x10 ³	2,30 x10 ⁴	2,90 x10 ³
	P4	5,60 x10 ⁵	3,80 x10 ⁴	1,03 x10 ⁶	3,00 x10 ³	2,20 x10 ⁴	3,60 x10 ⁴	3,80 x10 ⁴	3,10 x10 ⁴	1,20 x10 ⁵

Tabela 21.A – Valores de *Clostridium perfringens* da água obtidos nos poços estudados no período de

		Clostridium perfringens (NMP / 100 mL)								
Pontos	Meses									
	Ago	Set	Out	Dez						
2009	P1	0,0	0,0	$2,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$					
	P2	$5,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$4,0 \times 10^1$					
	P3	$4,0 \times 10^1$	$2,8 \times 10^2$	$8,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^1$					
	P4	$2,3 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$					
Pontos	Fev	Mai	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	
2010	P1	$2,0 \times 10^1$	0,0	$2,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$2,3 \times 10^2$
	P2	$4,0 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$	$7,0 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$
	P3	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$4,0 \times 10^1$	$2,2 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$
	P4	$5,0 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^4$

