

I-089 - AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ENTORNO DO CEMITÉRIO DO TAPANÃ, BELÉM-PA

Lígia Conceição Tavares ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade Federal do Pará.

Ian Rocha de Almeida ⁽²⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade Federal do Pará.

Marina Scarano Correa ⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade Federal do Pará.

Danilo Cunha de Oliveira ⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade Federal do Pará.

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira ⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Pará.

Endereço ⁽¹⁾: Rua. José de Alencar. Psg. Bom Jesus, 349 – Marambaia - Belém - PA - CEP: 66620-530 - Brasil - Tel.: +55 (91) 98319-2335 - e-mail: ligiactavares@ymail.com

RESUMO

O crescimento populacional desordenado associado ao desenvolvimento urbano e industrial sem planejamento constitui-se em fatores responsáveis pela ocorrência de problemas ambientais, dentre estes pode-se destacar a degradação das águas subterrâneas (aquíferos) nos entornos dos cemitérios. A questão sobre cemitérios precisa ser de conhecimento geral, visto que o extravasamento do necrochorume, além de ocasionar um odor desagradável proveniente da putrefação e decomposição dos corpos, pode vir a causar alterações ambientais e pôr em risco a saúde dos seres vivos. Assim, este trabalho visa avaliar a qualidade da água para consumo humano captada de poços em torno do Cemitério do Tapanã, Região Metropolitana de Belém, Pará. Foram determinadas as variáveis pH, alcalinidade total, condutividade, dureza, cor aparente, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, cloreto, coliformes totais e *e. coli*. Analisando os resultados obtidos nota-se que em algumas localidades as variáveis escolhidas não estão de acordo com os valores estabelecidos como padrões estabelecidos na Portaria 2914 de 2011 indicando que cuidados especiais devem ser tomados.

PALAVRAS-CHAVE: Necrochorume, Contaminação, Qualidade das águas subterrâneas.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento urbano e industrial sem planejamento há um aumento dos problemas ambientais que, por sua vez, estimulam a busca de ferramentas para estudos sobre o meio ambiente. Entre os problemas ambientais, destaca-se a degradação das águas superficiais e subterrâneas (aquíferos) que tornam o aproveitamento da água cada vez mais oneroso para a sociedade (CATETE, 2010).

O mesmo autor ainda afirma que a contaminação de aquíferos é mais preocupante do que a das águas superficiais, visto que estas podem se renovar e se recuperar após cessar o lançamento de efluentes, enquanto que a contaminação da água subterrânea é praticamente irreversível a curto e médio prazo, uma vez que as técnicas de recuperação de aquíferos degradados são muito complexas, onerosas, demoradas e a autodepuração é lenta.

As principais fontes de contaminação em áreas urbanas são: fossas sépticas, resíduos sólidos (chorume em lixões), postos de gasolina, efluentes industriais, cemitérios (necrochorume) e outros. Nesse último caso, fatores com características como profundidade de covas, tipo de solo, drenagem e perímetro urbano, influenciam o nível de contaminação e tem despertado interesse científico para mitigação do impacto ambiental (ALMEIDA & MACEDO, 2005).

Destaca-se o estudo da contaminação de aquíferos por necrochorume visto que, depois de morto, o corpo humano passa a ser um ecossistema de populações formado por artrópodes, bactérias, microrganismos

patogênicos e outros, que podem pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública (ALMEIDA & MACEDO, 2005).

O necrochorume é um termo conhecido técnica e cientificamente por produto resultante do processo de coliquação que os cadáveres passam após o óbito, o termo foi criado por neologismo ao chorume dos resíduos sólidos encontrados nos aterros sanitários. (BACIGALUPO, [s.d]).

Segundo Silva (1999), algumas condições específicas são favoráveis e influenciam na decomposição de corpos humanos, tais são: idade (recém-nascidos decompõem-se mais rápido que adultos), composição do corpo (indivíduos mais obesos transformam-se mais rapidamente) e causa da morte a putrefação é acelerada em corpos que sofreram mutilações, infecções e/ou estados gangrenosos.

O processo de putrefação é decorrente de fenômenos biológicos, físicos e químicos, podendo ser observado 24h após a morte, durando alguns meses ou vários anos, dependendo do meio onde foi enterrado o corpo (PACHECO, 2000; MATOS, 2001). É caracterizada pela atuação de microrganismos como bactérias endógenas intestinais saprófitas, anaeróbias, oriundas do próprio cadáver e do meio. É influenciada por fatores intrínsecos já citados e por fatores extrínsecos, como temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica, permeabilidade do solo e presença de insetos e larvas (PACHECO, 1995, 2000; SILVA, 1999).

Silva (1998) afirma que o necrochorume é um líquido liberado intermitentemente por cadáveres em putrefação, em quantidade equivalente a 0,60 l/kg (30 a 40 litros se o cadáver possuir 70 Kg). Mais viscoso que a água e bastante solúvel nela, tem cor castanho-acinzentado, cheiro acre e fétido, densidade de 1,23 g/cm³ e pH variando de 5 a 9 conforme a temperatura do lugar. É composto por água, sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, entre as quais destaca-se duas diaminas muito tóxicas (a putrescina - C₄H₁₂N₂ - e a cadaverina - C₅H₁₄N₂) que até então ainda não apresentavam antídotos eficiente para ambas. Tais substâncias podem ser degradadas em condições anaeróbias e gerar o amônio (NH₄⁺).

Em áreas próximas aos sepultamentos ocorre aumento da condutividade elétrica, pH, alcalinidade e dureza da solução do solo, devido à presença de compostos de nitrogênio e fósforo e de diversos sais (Cl⁻, HCO₃⁻, Ca⁺², Na⁺) (MATOS, 2001).

Sua composição é representada da seguinte forma, como apresentado na Tabela 01 a seguir.

Tabela 01 – Composição química do necrochorume (modificada de Bacigalupo, [s.d]).

Componente	Quantidade
Água	60%
Sais	30%
Substâncias Orgânicas	10%

O necrochorume atinge os aquíferos através de sua infiltração pelo solo, contaminando-o, o que pode ser agravado devido à situações favoráveis como frequentes chuvas e solos argilosos, por exemplo. Vale ressaltar que o necrochorume apresenta não só contaminantes orgânicos, mas também agentes patológicos, como vírus e bactérias. Esse, geralmente, tem aversão natural ao oxigênio presente no solo em zona insaturada, entretanto, a água subterrânea presente na zona saturada é pobre em oxigênio dissolvido, favorecendo a sobrevivência dos mesmos (NASCIMENTO, 2009).

A Tabela 02 reúne as principais doenças de veiculação hídrica causadas pelo necrochorume. Sendo assim, qualquer contato direto com as substâncias tóxicas ou patogênicas do necrochorume o homem é atingido principalmente através do trato digestivo, do fígado, dos pulmões ou da epiderme (CARVALHO JR, 1997).

Tabela 02 – Principais doenças de veiculação hídrica causadas pelo necrochorume (modificada de Matos, 2001).

Tipo	Transmissor	Característica	Doença
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>	Apresenta simetria bilateral	Gastrenterite
Bactérias	<i>Escherichia coli</i>	Bacilo reto, gram-negativo, anaeróbio facultativo	Diarréia 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 tifóide.
	<i>Shigella dysenteriae</i>	Bacilo reto, anaeróbio facultativo, gram-negativo	Febre intestinal, gastrenterite, disenteria
	<i>Vibrio cholerae</i>		Cólera
Vírus	<i>Adenovírus</i>	Resistente no ambiente	Infecções respiratórias
	<i>Echo humano</i>		Meningite, doenças respiratórias, erupções cutâneas, diarréia, febre.
	<i>Hepatite A</i>	Muito estável, resistente em meio ácido e em elevada temperatura	Hepatite e gastrenterite
	<i>Poliovírus humano</i>		Paralisia, meningite, febre
	<i>Reovírus</i>	Icosaedro, mas muitos apresentam a forma esférica. Relativamente estáveis	Infecções do trato respiratório superior, enterite em crianças e bebês
	<i>Rotavírus grupo B</i>	Icosaedro, estável até o pH 3 e relativamente resistente ao calor	Gastrenterite

Marques (2009) afirma que, além da contaminação das águas, a presença de vetores, como baratas, ratos e escorpiões, que habitam lugares úmidos e escuros é constantemente observada, oriunda das péssimas condições das necrópoles. A falta de cuidado com as sepulturas e com a limpeza do local acarreta um acúmulo impróprio de água, o que gera focos de doenças, trazendo mais riscos à população.

Segundo o artigo primeiro da Resolução 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2003), os cemitérios horizontais e verticais implantados no Brasil devem requerer licença ambiental para funcionar. A Resolução estabelece critérios mínimos que devem ser integralmente cumpridos na confecção dos projetos de implantação, como forma de garantir a segurança do meio no qual está sendo implantado e da população. Os cemitérios já existentes tiveram 180 dias após aquela data para se adequarem às exigências junto dos órgãos ambientais competentes, porém, isso não ocorreu até os dias atuais. A resolução 368 (CONAMA, 2006) recomenda a distância entre o fundo da cova e o lençol freático, a depender do tipo de solo.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar quais os impactos dos componentes do necrochorume no aquífero freático das proximidades do cemitério do Tapanã-Pará, através da determinação de variáveis físicas, químicas e microbiológicas em amostras de água coletadas de poços em quintais de residências da população do entorno da necrópole.

O Cemitério Municipal do Tapanã, localizado no bairro do Tapanã, na Região Metropolitana de Belém (RMB), Estado do Pará, encontra-se ativo e apresenta atualmente mais de 24 mil sepulturas e constituiu-se de grande interesse para a comunidade científica pois instiga desenvolvimento de estudos a cerca desta problemática, em virtude de diferentes fatores como drenagem, perímetro urbano e ausência de saneamento básico, o que podem influenciar a contaminação das águas subterrâneas.

A comunidade ali residente utiliza tanques sépticos ou simplesmente lança o esgoto bruto nas vias públicas. Nesse último caso, as ruas pavimentadas dificultam a permeabilização do efluente doméstico e pluvial no solo, causando alagamentos e, conseqüentemente, acabam se tornando grandes fontes de vetores de doenças de veiculação hídrica.

O bairro não possui os sistemas de saneamento básico, nem mesmo abastecimento de água potável, tendo a comunidade residente que recorrer a métodos alternativos de para obtenção de água para consumo. Todas as casas visitadas utilizam água de poço para consumo, sem nenhum tipo de tratamento, como filtros ou mesmo a adição de hipoclorito de sódio.

Através de pesquisas nos órgãos competentes e levantamento de informações junto à comunidade do bairro do Tapanã, foi possível observar que não há previsão de projeto de saneamento básico na localidade.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada nessa pesquisa foi dividida em duas etapas: de laboratório e de campo. Em campo foram realizadas investigações para definir os pontos de coleta de amostras de água, e no laboratório foi realizado o estudo físico-químico e bacteriológico.

O estudo foi realizado no entorno do Cemitério do Tapanã que está localizado no km 5 da Rodovia do Tapanã, entre as rodovias Augusto Montenegro e Arthur Bernardes, no bairro do Tapanã, Região Metropolitana de Belém (RMB), Estado do Pará.

Na Figura 01 pode ser observada a localização do Cemitério do Tapanã com cerca de 10 Km² (BELÉM, 2012).

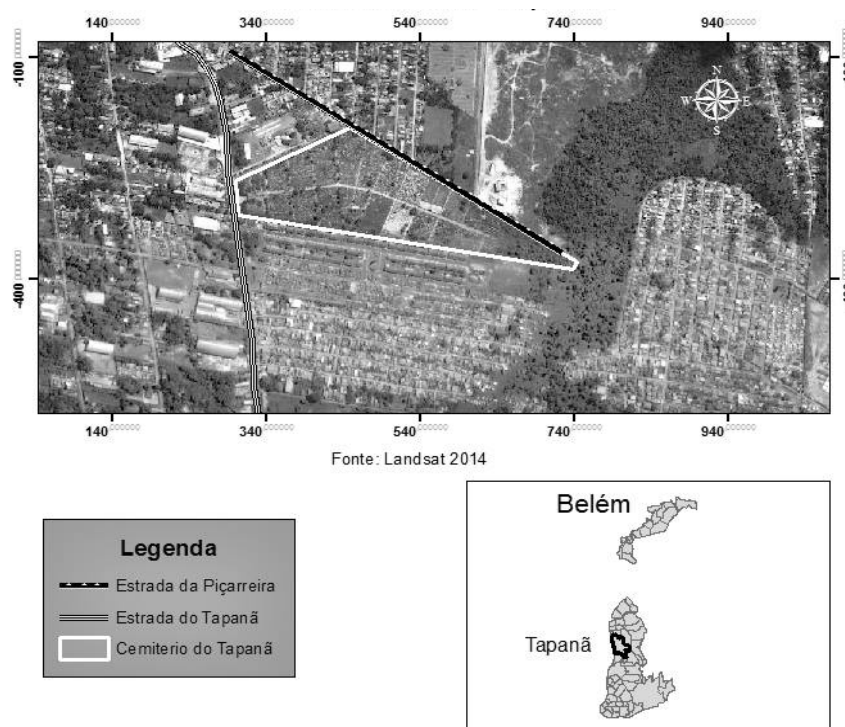


Figura 01 – Localização do cemitério do Tapanã, Belém – PA. Fonte: Autor, 2015.

No município de Belém, a topografia apresenta-se pouco variável e baixa, atingindo a altitude máxima 25 m na ilha de Mosqueiro (PARÁ, 2008). O relevo do cemitério do Tapanã apresenta um desnível topográfico considerável para a região: 16 m a montante até 2 m a jusante, segundo dados de curvas de nível fornecidos pela Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém (CODEM, 1998).

Foram realizadas 10 coletas, sendo 5 na segunda quinzena de junho de 2014 e 5 na primeira quinzena de julho do mesmo ano. Os pontos de amostragem foram definidos a partir de moradias que utilizam de água de poços para consumo humano e levou-se em conta a capacidade analítica mensal do laboratório de análise e a disponibilidade de transporte para coleta. Os pontos de coleta estão georreferenciados na Figura 02.

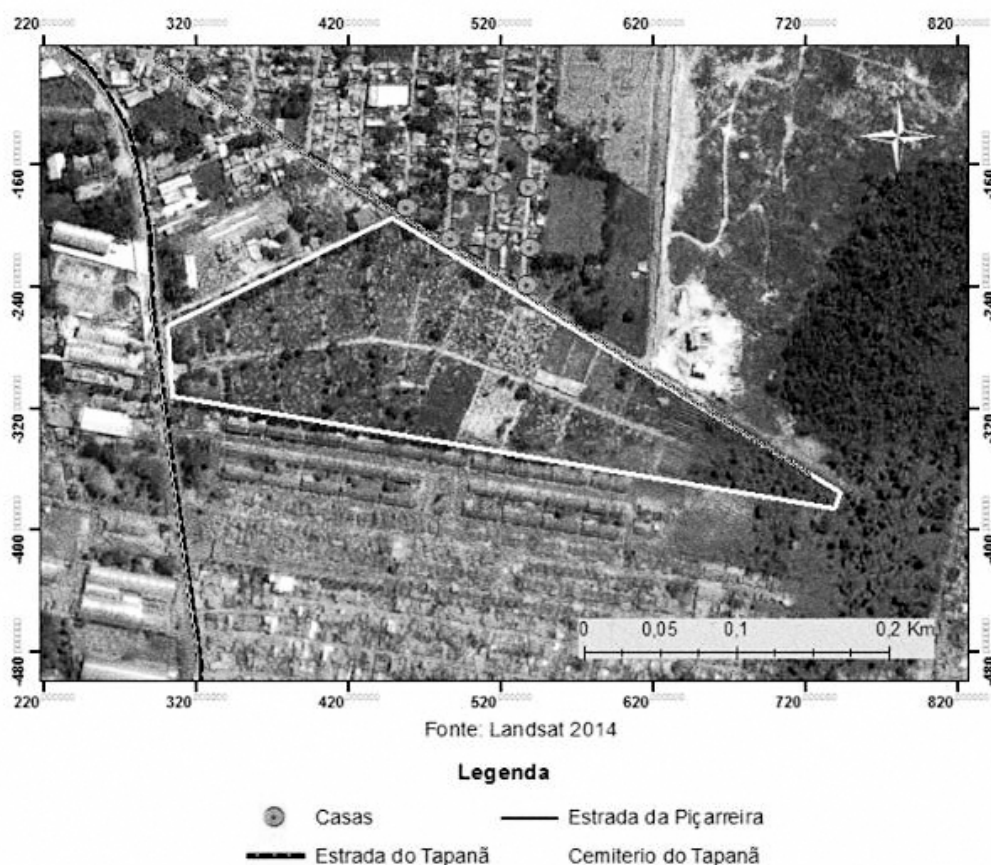


Figura 02 – Pontos de coleta próximos ao cemitério do Tapanã, Belém – PA. Fonte: Autor, 2015.

As amostras de água nas torneiras e nas saídas das bombas dos poços foram coletadas após deixar a água escorrer por três minutos. As amostras foram coletadas em frascos de polipropileno com capacidade para 1 litro, sendo transportadas em caixas isotérmicas e preservadas em ± 4 °C. A sistemática de coleta e de preservação das amostras seguiu a metodologia proposta no guia de coleta e preservação de amostras de águas da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Foram selecionados os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos com base em pesquisas já realizadas em torno de contaminação de aquíferos por necrochorume. Os parâmetros escolhidos foram: pH, Alcalinidade Total, Condutividade, Dureza, Cor aparente, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Cloreto, Coliformes Totais e coli.

O método analítico foi realizado conforme o recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) de responsabilidade do Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reúso de Efluentes (GESA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Juntamente com as análises realizadas neste trabalho, fez-se também visitas técnicas ao cemitério em estudo investigação bibliográfica sobre características geográficas região de seu entorno. Todas as informações coletadas foram analisadas com o intuito de serem indicativos para a contaminação das águas no entorno do cemitério do Tapanã.

Durante os dias de visitação ao cemitério e entorno, não foi observado o extravasamento de necrochorume. O resultado desse extravasamento é um odor característico da putrefação e decomposição dos corpos.

Na Tabela 03 são apresentados os resultados das análises físico-químicas.

Tabela 03 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas residências no entorno do cemitério do Tapanã.

Parâmetros	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 4	Casa 5	Casa 6	Casa 7	Casa 8	Casa 9	Casa 10
pH	5,0	4,9	5,8	6,5	6,5	4,2	4,2	4,1	5,5	6,8
Alcalinidade Total*	40	14	38	12	23	12	20	16	27	40
Condutividade***	200	83	98	104	180	124	127	73	156	192
Dureza Total*	2,4	3,0	2,6	2,3	2,5	2,5	2,4	2,5	3,1	2,4
Cor Aparente**	14	11	5	16	24	14	10	1	9	22
Nitrogênio Amoniacal*	1,8	0,1	0,8	0,2	3,9	0,45	0,2	0,1	0,1	4,2
Nitrato*	3	1,2	15,7	1	2,6	4,6	2,8	4,9	7,9	7,5
Cloreto*	14,5	1,8	12,7	7,3	25,3	24,5	7,7	8,7	17,3	25,9

*mg/L; *** µS/cm; **uH

Com base na tabela 03, pode-se constatar que 70% das amostras apresentaram valor de pH abaixo do recomendado pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) que indica que o pH da água deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5, ou seja, de caráter neutro. No boxplot da Figura 03 a, obteve-se uma mediana de 5,2 com valor mínimo de 4,2 e máximo de 6,2.

Estes valores, embora não sejam alarmantes e favoráveis para aumentar a ação bactericida do cloro residual por formar uma porcentagem importante de HOCl, o qual é extremamente eficaz contra microrganismos, apresenta um risco importante de agressividade contra os materiais que constituem as tubulações, não somente diminuindo a vida útil dos mesmos, mas, sobretudo, podendo deteriorar a qualidade da água consumida, através da dissolução de produtos oriundos da própria corrosão e/ou do meio externo, como consequência da quebra da estanqueidade das tubulações (FREITAS et al, 2001).

Dentre a totalidade das amostras analisadas 30% apresentaram comportamento acima do permitido pela portaria 2.914 (BRASIL, 2011) quando se trata de cor aparente, sendo a casa 10 a de maior valor (22 uH) e a casa 8 o menor (1 uH). Os valores de máximo e mínimo, 24 uC e 1 uC, respectivamente, mostram-se distantes da mediana, 12,5 uC, ressaltando a grande diferença entre as amostras determinadas (Figura 03 b).

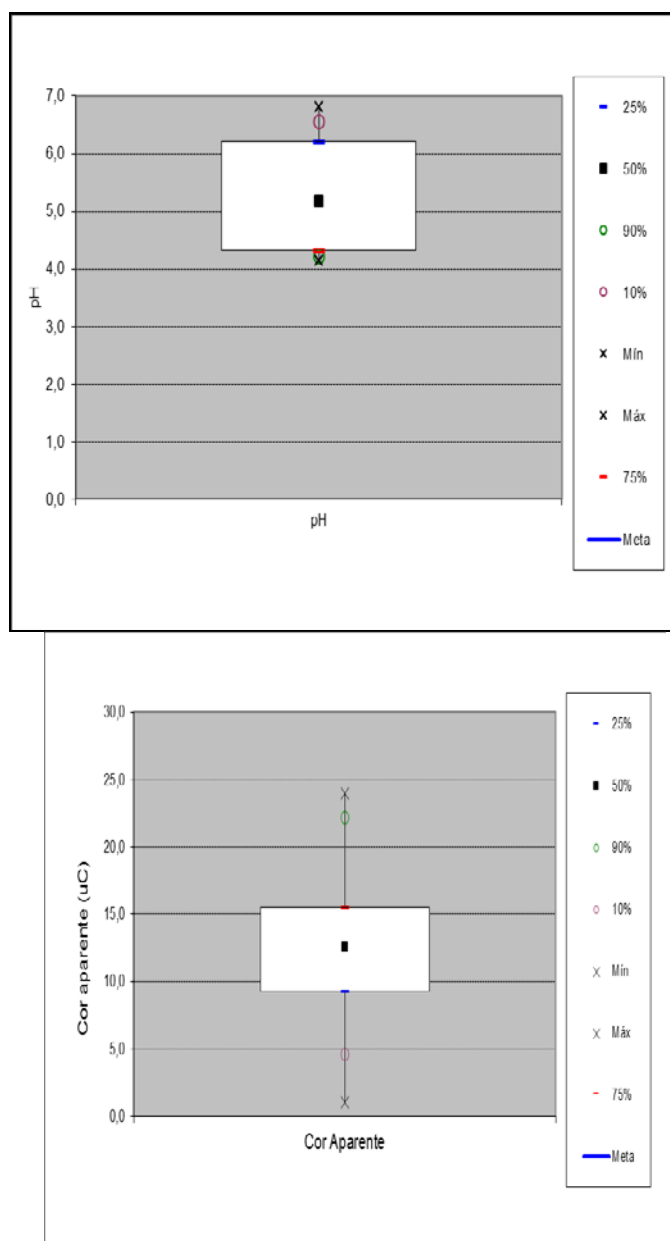


Figura 03 – (a) Comportamento da variável pH; (b) Comportamento da variável cor aparente - Tapanã, Belém – PA.

Fonte: Autor, 2015.

Quanto a dureza total, o MS recomenda que não deva ultrapassar o valor de 500 mg/L, isso posto, observa-se que todos os valores estão de acordo com a portaria. De acordo com o Boxplot da Figura 04a, os resultados mostram uma compactação de seus resultados, visibilizando-se por meio de seu pequeno desvio padrão, 0,3. Sendo assim, os locais selecionados possuem uma semelhança em suas fontes para este parâmetro, outro fator comprovante é o fato da mediana de 2,5 mg/L CaCO_3 e também de sua média de 2,6 mg/L CaCO_3 . Seu valor máximo atingiu o valor de 3,11 mg/L CaCO_3 , por outro lado, o mínimo alcançou um valor de 2,28 mg/L CaCO_3 .

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. De acordo com a Portaria nº 2.914 (BRASIL, 2011) é recomendável uma taxa de até 250 mg/L para consumo humano. Todas as amostras ficaram dentro do padrão exigido conforme Figura 04b.

O cloreto mostrou-se uniforme, com exceção dos menores valores que estão em distinção com o intervalo dos 10-25%. A média dos dados está superior ou nível da mediana, mostrando, assim, que os valores assumem uma elevação com o passar do valor médio. Em contra partida, os maiores valores estão próximos ao topo dos 90%, dessa forma, percebe-se que não há uma distinção considerável entre os maiores dados.

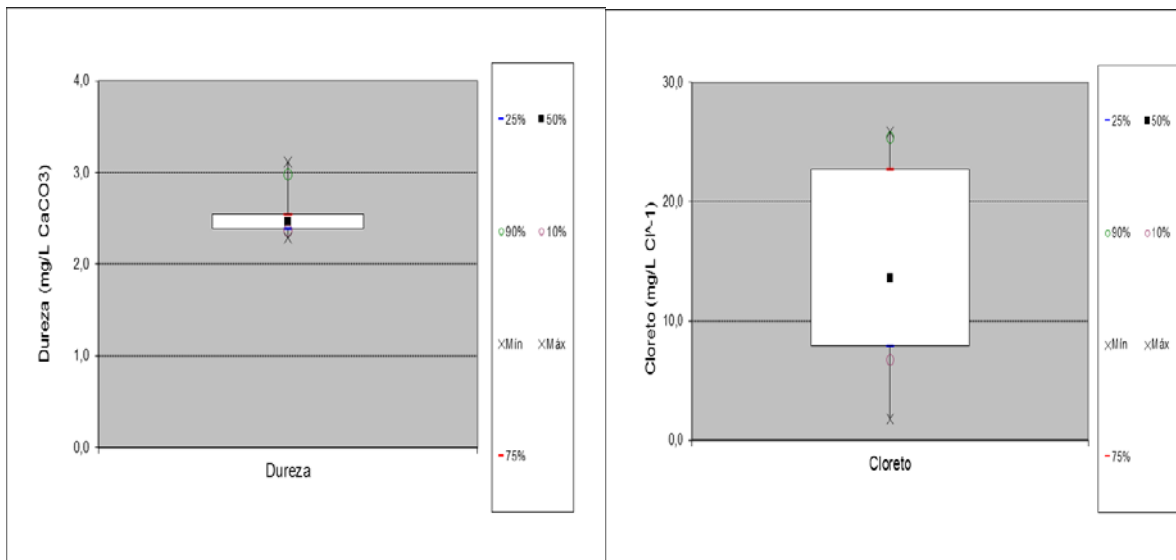


Figura 04 – (a) Comportamento da variável dureza; (b) Comportamento da variável cloreto - Tapanã, Belém – PA.

Fonte: Autor, 2015.

Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte de material nitrogenado, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água, e etc (VON SPERLING, 1996). A Portaria do Ministério da Saúde 2.914 (BRASIL, 2011) apresenta o valor máximo permitido de nitrogênio amoniacal, para água potável, de 1,5 mg /L. Isso posto, 30% das amostras apresentaram valor acima do estabelecido, sendo nas casas 10 e 5 os maiores valores encontrados. Esses altos valores ficam evidentes, também, na Figura 05a, com valor máximo de 4,2 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$ seguido de outro dado elevado, de 3,85 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$. A média foi de 1,2 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$ e mediana de 0,3 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$.

Para a variável nitrato, uma das amostras apresentou valor superior ao padrão da Portaria 2.914 (BRASIL, 2011), que é de 10mg/l (N-NO_3^-). Este resultado, embora relativamente baixo, representa um risco para a saúde da população que tem acesso à água desse poço, uma vez que vários trabalhos associam o consumo de água contendo altas concentrações de nitrato ao aparecimento da metemoglobinemia, especialmente em crianças, e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. Tal indicativo pode ser fruto de uma contaminação localizada (FREITAS et al, 2001).

Alaburda e Nishihara (1998), consideram que concentrações superiores a 3 mg $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas. No caso, 60% das amostras analisadas se enquadram nesta situação.

Os valores de nitrato apresentaram em sua maioria uma porporção coerente em seus dados, todavia, o terceiro ponto com valor de 15,7 mg/L N-NO_3^- , tendo como informações mais próximas os pontos 9 e 10 com 7,9 mg/L N-NO_3^- e 7,5 mg/L N-NO_3^- , respectivamente. Originando um aumento do desvio padrão (4,4) e, assim, uma alteração significativa no boxplot da Figura 05b.

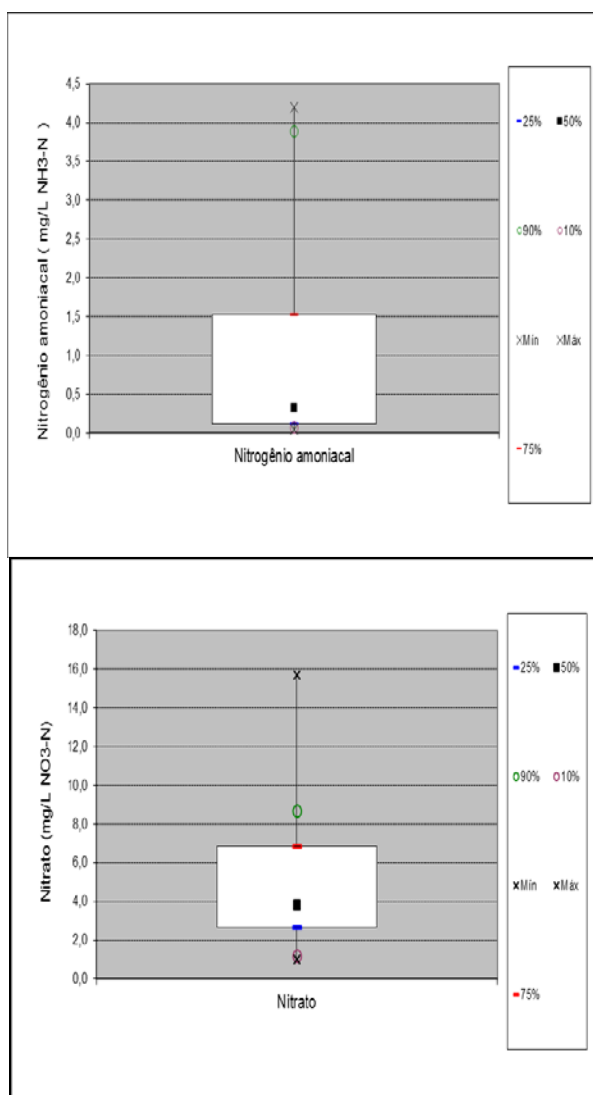


Figura 05 – (a) Comportamento da variável nitrogênio amoniacal; (b) Comportamento da variável nitrato-Tapanã, Belém – PA.

Fonte: Autor, 2015.

Observou-se que os valores de condutividade não ultrapassaram o valor máximo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores de condutividade elétrica variaram de 73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, não demonstrando indícios de contaminação por necrochorume, pois segundo Espindula (2004) valores acima de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem indicar contaminação. Um fator que causa o aumento da condutividade elétrica em poço tubular profundo em regiões próximas a cemitérios é o fato que este quando bombeado provoca um gradiente hidráulico ao seu redor. Este gradiente hidráulico bombeia águas mais distantes, aumentando assim, a concentração de sólidos dissolvidos provenientes tanto da formação geológica como do necrochorume (MIGLIORINI et al, 2006).

Percebe-se na Figura 06a uma disparidade dos valores, havendo uma diferença significativa entre as análises feitas, essa variação pode, também, ser notada com o desvio padrão, contabilizado em 49,5. A condutividade mostrou um leve aumento no segmento que ultrapassa a mediana, 125,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contendo, um média, 134 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ligeiramente maior que a mediana, todavia, não demonstra uma disparidade considerável entre as informações. Os iniciais 25% atingem um valor máximo de 99,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por sua vez, os 75% atingem 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A forma do constituinte responsável pela alcalinidade são os sólidos dissolvidos, parâmetro não avaliado nessa pesquisa. Vale ressaltar que a alcalinidade não tem significado sanitário para a água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água (VON SPERLING, 1996). Os valores encontrados nessa

análise, segundo Silva (2009), estão dentro do esperado não apresentando indícios de contaminação por necrochorume, pois não ultrapassaram o valor de referência conforme estudos já realizados.

Na Figura 06b, percebe-se que não ocorreu uma grande alteração entre os dados. Pode-se notar, também, uma baixa variação entre o máximo e mínimo, tal qual sua proporção pelo boxplot, assumindo que os 10% primeiros estão próximos do quadrado maior contendo os valores de 25-50%, o mesmo acontece com os 90% restantes. Com isso assumi-se que há uma equivalência entre os dados, mostrando que todos possuem valores no mesmo entorno, possivelmente influenciados pelos mesmos fatores naturais e antrópicos.

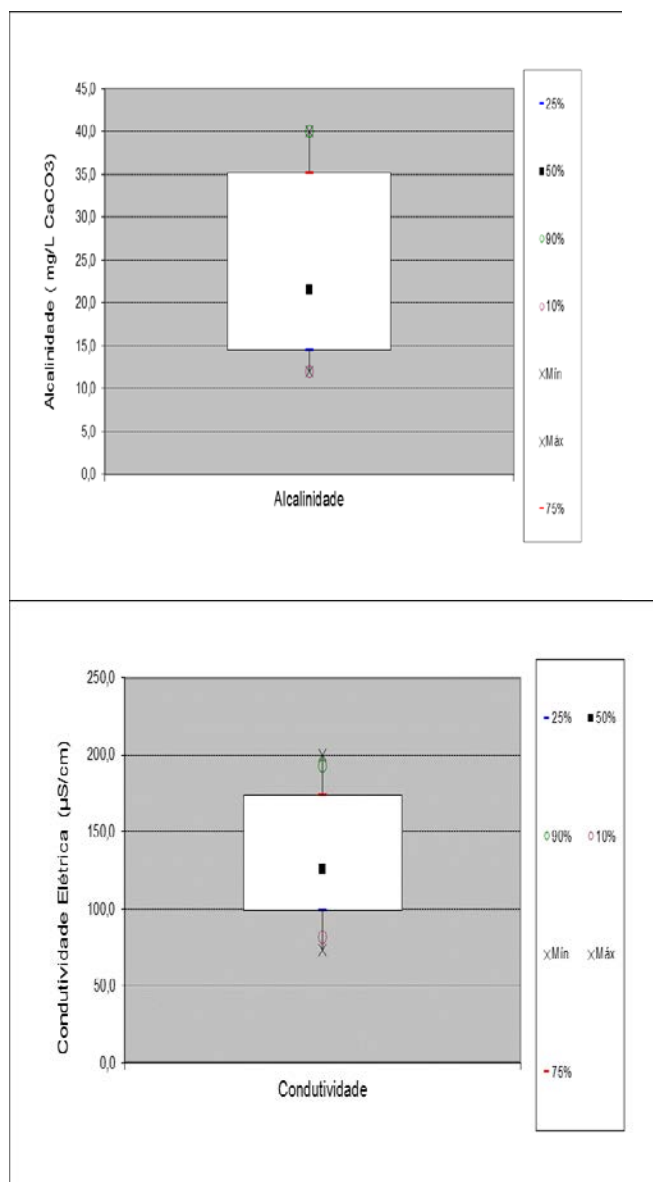


Figura 06 – (a) Comportamento da variável condutividade; (b) Comportamento da variável alcalinidade total-Tapanã, Belém – PA.

Fonte: Autor, 2015.

Evidencia-se entre os indicadores considerados de maior especificidade para avaliação da contaminação de águas subterrâneas em áreas de cemitérios, o predomínio de grupos de bactérias responsáveis pela degradação de matéria orgânica, que não apresentam, à primeira vista, relação com essa fonte específica de contaminação, mas com qualquer fonte que resulte em aumento da disponibilidade de matéria orgânica no meio, além de não constituírem, por si só, indicadores da presença de patógenos. Contudo, não se podem desprezar os cemitérios

como possível fonte de contaminação dessas águas, tendo em vista o potencial de patogenicidade que ela representa (ESPINDULA, 2004).

A escolha para análise de *Escherichia coli* se deu por esta ser bactéria do grupo coliforme considerada a mais específica indicadora de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (BERTACHI, 2013). Os resultados obtidos para as determinações biológicas estão apresentados na tabela 04.

Tabela 04 – Resultados das análises biológicas realizadas nas residências no entorno do cemitério do Tapanã.

Parâmetros	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 4	Casa 5	Casa 6	Casa 7	Casa 8	Casa 9	Casa 10
Coliformes Totais (NMP/100mL)	2	2	1011,2	1	2419,6	72,4	1	<1	1	56,5
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	<1	<1	5,1	<1	2	<1	<1	<1	<1	89,1

Verifica-se na Tabela 04 não apenas a presença ou ausência de organismos coliformes e *E. coli* mas também a quantidade, logo, das amostras analisadas, apenas a casa 8 não apresentou indicativo de contaminação por coliformes totais. As casas 3, 5 e 10 apresentaram altos indicativos de *E. coli*.

A maior ocorrência de coliformes totais bem como a presença de *E. coli* nos poços residenciais 3 e 10 pode estar relacionada a outros fatores, que não a proximidade com o cemitério. Entre esses fatores, pode-se considerar o tempo de construção do poço, a elevada densidade de ocupação da área aliada à falta de esgotamento sanitário, motivando o escoamento dos esgotos a céu aberto, a exemplo do que ocorre no entorno dos poços estudados.

Em geral, na avaliação da qualidade da água para consumo humano, utilizam-se as bactérias do grupo coliforme, devendo as mesmas, segundo a Portaria 2.914 (BRASIL, 2011), estar ausentes nessas águas. Partindo dessa premissa e considerando os dados obtidos nas análises da água subterrânea coletada, pode-se afirmar que essas águas não devem ser consumidas sem tratamento prévio.

CONCLUSÕES

As amostras de águas recolhidas nas residências do entorno do cemitério do Tapanã indicam que o mesmo pode ser considerado como responsável pela elevada densidade de microrganismos nas águas subterrâneas imediatamente subjacentes ao mesmo, ao mesmo tempo tais indicativos podem ser justificados pela ausência de saneamento associadas ao cemitério.

Como um todo, os parâmetros físicos e químicos apresentam indícios de contaminação, entretanto não se pode afirmar ao certo qual a origem da mesma.

De acordo com os resultados obtidos nos exames bacteriológicos, pode-se observar a contaminação das águas avaliadas por microrganismos provenientes do trato intestinal. Este fato sugere a influência da decomposição dos corpos na alteração da qualidade da água, principalmente das subterrâneas. Por outro lado, as características geofísico/geológicas do terreno onde foi implantado o cemitérios estudado, favorecem a passagem de bactérias do solo e dos túmulos para as águas subterrâneas como demonstrado nos resultados obtidos. Não é possível afirmar que somente a contribuição do cemitério é responsável por essa situação, pois a área tem condições insalubres devido a falta de infraestrutura de saneamento.

É importante que haja um monitoramento e avaliação mais segura das águas subterrâneas nas áreas de cemitérios e o conhecimento prévio da composição química dessas águas, pois, só assim, será possível avaliar se algum parâmetro apresenta-se alterado, mesmo tendo sua concentração igual ou menor que a considerada de ocorrência natural e/ou estabelecida pela legislação vigente.

Cabe ainda salientar, que os cemitérios sempre tiveram como finalidade de ser um memorial onde seja possível guardar à memória dos entes falecidos. Talvez esta seja umas das principais razões que implicam no fato desses ambientes terem durante anos ficados a margens de estudos científicos, o que hoje implica numa

carência de referências bibliográficas sobre os mesmos. No entanto, os estudos referentes a esta temática são de destacada importância na sociedade, pois reflete em muitas das vezes em estar comprometendo a qualidade de vida da população que residem próximo a esses locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALABURDA, J. & NISHIHARA, L., Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. Revista de Saúde Pública, Volume 32, pág 160-165, 1998.
2. ALMEIDA, A. M. de, MACEDO, J. A. B., Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necro-chorume. Seminário de Gestão Ambiental. Instituto Vianna Junior. Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2005.
3. APHA. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: APHA. 1998.
4. BACIGALUPO, R. da S., Impacto do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério Nossa Senhora de Fátima, Duque de Caxias-RJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, [s.d].
5. BELÉM, Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão (SEGEP), Anuário Estatístico do Município de Belém, 2011, Belém, 2012.
6. BERTACHI, M. H., Estudos Preliminares de Contaminação de Águas por Cemitérios. Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro, Londrina-PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.
7. BRASIL, Ministério da Saúde (MS), Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.
8. CATETE, C. P., Investigações ambiental e forense com os métodos geofísicos radar de penetração do solo, polarização induzida e eletroresistividade no cemitério do Tapanã, Belém/Pará. UFPA. Instituto de Geociências. Belém: Pará. 2010.
9. CARVALHO JR, M. A. F., Aplicação de Métodos Geofísicos ao Estudo de Águas Subterrâneas na Grande Belém (Caso Cemitério do Bengui), Tese (Instituto de Geociências), Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
10. CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, Brasília – DF. 2011.
10. CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução nº 368, de 28 de março de 2006.
11. CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003.
12. CODEM. Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém, Mídia digital, contendo dados vetoriais: curvas de nível, logradouros e edificações, 1998.
13. ESPINDULA, J. C. de., Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da várzea – Recife. 2004, Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
14. FREITAS, B. M., BRILHANTE, O. M., DE ALMEIDA, L. M., Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio, Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, volume 17, número 3, pág. 651-660, Maio-Junho, 2001.
15. MATOS B. A., Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo, Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 113 p. 2001
16. MARQUES, L., A ameaça dos mortos, Disponível em: <<http://aameacadosmortos.blogspot.com.br/2007/11/introduo.html>>. Acesso em: 15 de Novembro 2012.
17. MIGLIORINI R. B., LIMA, Z. M., ZEILHOFER, L. V. A. C., Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitério, Região de Cuiabá-MT. Águas Subterrâneas 20: 15-28. 2006.
18. NASCIMENTO, W. G.; Investigação Geofísica Ambiental e forense com os métodos radar e LIN nos cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém – Pa). 2009. Dissertação (Mestrado em Geofísica), Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.
19. PACHECO A., Cemitério e o impacto nas águas subterrâneas. In: SINCRDP/ACEMBRA – Sindicato dos Cemitérios Particulares do Estado de São Paulo e Associação Cemitérios do Brasil. Primeiro Seminário Nacional Cemitério e Meio Ambiente, São Paulo, BR. 1995.
20. PACHECO. Cemitérios e Meio Ambiente, Tese (Instituto de Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
21. PARÁ . SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E FINANÇAS (SEPOF), Diretoria de Pesquisas e Informações Sócio-Econômicas, Estatística Municipal, 2008.

22. SILVA, L. M. C., Contaminação do lençol freático pelos cemitérios, Revista Integração, Ano IV, número 13, pág. 103 – 110, Maio, 1998.
23. SILVA, L. M., A Influência dos cemitérios no meio ambiente. In: I Fórum SNCEPAR “Cemitérios – Impacto Ambiental”; 1999; Curitiba, BR. Curitiba 1999.
24. SILVA, W. da C. FILHO, R. W. M., MOREIRA, C. A., Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba – SP., Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, Volume 27, Número 3, Julho – Setembro, 2009.
24. VON SPERLING, M., Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Volume 1. 2ª Edição revisada. 1996