

Eixo Temático ET-05-020 - Recursos Hídricos

TRATAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ENTORNO DO CEMITÉRIO SANTA IZABEL, BELÉM-Pa

Bruna Naila Pessoa Pereira; Cleyton Eduardo Costa Ferreira; Danilo Cunha de Oliveira;
Gabriela Doce Silva Coelho de Souza; Gabriela Rousi Abdon da Silva; Neyson Martins
Mendonça

RESUMO

Uma parte alarmante dos brasileiros ainda não possuem abastecimento de água em suas residências, infelizmente no norte e nordeste do Brasil essa quantidade ainda é maior. Como alternativa para abastecer suas moradias com água, a população busca alternativas para o problema, muitas vezes a alternativa mais utilizada é a criação de poços, uma grande parte desses poços são ilegais e fatores como a localização não são levadas em consideração. No município de Belém, estado do Pará, há vários poços localizados em trono do cemitério de Santa Izabel, dessa forma há uma grande possibilidade desses poços estarem contaminados com necrochorume, para avaliar essa possível contaminação foram realizados ensaios laboratoriais.

Palavras-chaves: Necrochorume; Contaminação; Poços.

INTRODUÇÃO

A situação do abastecimento de água no Brasil ainda é muito precária, apenas 82,5% dos brasileiros possuem água tratada em suas residências. A situação nos estados ao Norte do país é crítica, como o caso do estado do Pará, o qual possui cerca de 5,2 milhões de habitantes, porém mais da metade dos municípios do estado não possuem tratamento da água distribuída à população (ITB, 2015)

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2010), a disponibilidade hídrica superficial em todo o estado é elevada, sobretudo o sistema aquífero Barreiras, que abastece e é intensamente explorado na Região Metropolitana de Belém (RMB), além disso, 76% dos municípios do estado é abastecida por mananciais subterrâneos. Neste contexto, a utilização das águas subterrâneas como fontes alternativas de abastecimento torna-se a solução mais viável para a população.

Alguns dos impactos ambientais relacionados às águas subterrâneas podem ser provenientes de cemitérios. Em cidades maiores, devido a um processo de urbanização intenso e descontrolado, hoje é comum encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana, até mesmo em suas áreas mais centrais. Dessa forma, há uma imensa poluição se considerado que durante a construção da maioria destes não são levados em conta estudos geológicos e hidrogeológicos, pois as instalações podem representar certo risco de contaminação durante a decomposição dos corpos. O processo de decomposição de corpos libera diversas substâncias que constituem o organismo humano, somando-se a isso nos caixões são utilizados diferentes utensílios metálicos ou não que podem liberar substâncias para a o solo e a água subterrânea (KEMERICH *et al.*, 2012).

Como principal causa de poluição nos cemitérios, durante a decomposição dos cadáveres é liberado um líquido denominado necrochorume. Esta é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de tonalidade castanho-acinzentada, viscosa, de cheiro forte e com grau variado de patogenicidade (MIGLIORINI, 2002). A localização dos cemitérios deveria ocorrer, preferencialmente,

em áreas afastadas do centro urbano com cotas elevadas, porém hoje é possível encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana. Segundo a resolução CONAMA nº 368 (CONAMA, 2006), para cemitérios horizontais, em áreas urbanas próximas a mananciais de abastecimento humano 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.

Visando a possível influência de necrochorume nas proximidades do Cemitério Santa Isabel, um dos mais antigos da RMB, elaborou-se um estudo utilizando água de poços próximos ao cemitério, efetuou-se a caracterização e filtração em carvão ativado (material carbonáceo de área superficial de porosidade elevada capaz de absorver moléculas presentes tanto em fase líquida como gasosa), buscando uma forma viável economicamente e técnica para o tratamento da água subterrânea local.

OBJETIVO

O objetivo principal gira em torno de avaliar a influência da localização dos poços, em torno do cemitério, na contaminação da água e as possibilidades de influência dessa água na saúde dos utilizadores dessa água.

MATERIAIS E MÉTODOS

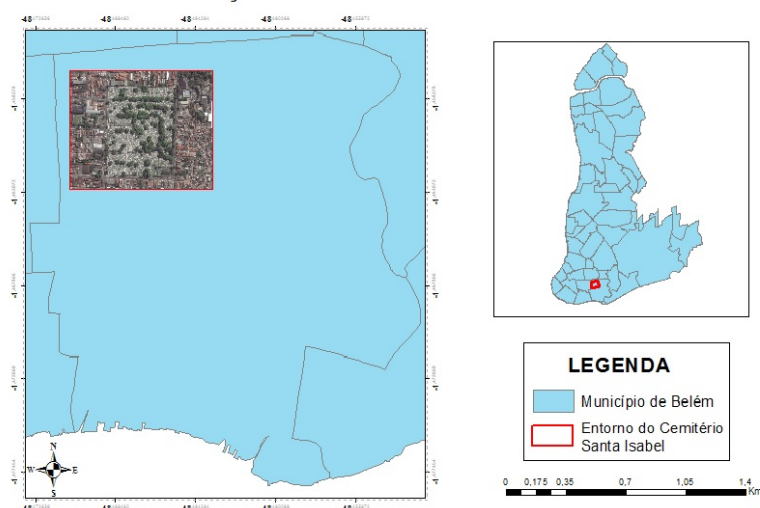
A presente pesquisa consistiu em três etapas: de campo, realizando o reconhecimento do local, escolha dos pontos de coleta e a amostragem; laboratorial, com as análises físico-químicas; e o tratamento dos dados obtidos.

Área de estudo

O trabalho teve como área de estudo o entorno do Cemitério Santa Isabel, com área aproximada de 144.200 m², localizado na Avenida José Bonifácio, no bairro Guamá, ao sul do município de Belém – Pará.

Figura 01: Localização do Cemitério Santa Isabel com a indicação geográfica da área de estudo, em Belém – Pará.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ENTORNO DO CEMITÉRIO SANTA ISABEL



Fonte: Autores (2016)

Amostragem

Foram avaliados inicialmente sete poços em propriedades ao redor do Cemitério, definidos devido a utilização de poço, sendo dois condomínios verticais, pontos 1 e 4,

três residências, pontos 2, 6 e 7, um lava jato, ponto 3, e uma área comercial, ponto 5. Entretanto, após a primeira campanha de coleta, reduziu-se para seis, pois em uma das residências (ponto 5) foi informada a interrupção de uso da fonte. As campanhas de coleta compreenderam os meses de Julho à Outubro de 2015.

Os pontos 1, 4, 5 e 6 apresentam poços com profundidade desconhecida; o ponto 2 apresenta poço de 18 metros de profundidade; e os pontos 3 e 7 apresentam poços com aproximadamente 24 metros de profundidade.

Figura 02: Localização dos pontos de coleta de amostras e da delimitação do Cemitério Santa Isabel.



Fonte: Google Earth (2015)

As campanhas de coleta das amostras brutas e filtradas foram realizadas nos dias 09/07, 17/08, 15/09 e 10/10 de 2015, armazenadas em frascos de polietileno identificados com capacidade de 1 litro e previamente esterilizados. Para a filtragem *in situ*, foi utilizado um filtro comercial de carvão ativado classe IV para partículas (retenção de partículas com tamanho entre 15 e 30 mm) e classe I para cloro livre (percentual de redução >75%).

Figura 3: Filtro de carvão comercial utilizado na pesquisa



Fonte: Autores (2015)

O material foi transportado em caixas isotérmicas resfriadas com placas térmicas com temperatura aproximada de $\pm 4^{\circ}\text{C}$ para que não houvesse alterações nas suas características.

Análises em Laboratório

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) do Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reúso de Efluentes (GESA) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Todos os procedimentos foram realizados em um período máximo de 48 horas.

Para caracterizar a água subterrânea e verificar a eficiência do filtro, foram seguidos os métodos de análises recomendados pelo *Standart Methods for the Water and Wastewater* (APHA, 1998), para as seguintes variáveis físico-químicas: pH, alcalinidade total, condutividade elétrica, sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT), cor aparente, turbidez, amônia, nitrito, nitrato, sulfato e dureza total. Apenas a partir da terceira campanha foi possível a realização da análise da variável ferro total, totalizando 12 dados de tal item em cada ponto.

Tratamento estatístico

Após a etapa laboratorial, realizou-se um tratamento estatístico univariado dos resultados com base na média dos valores de cada variável, de modo a juntar todos os pontos para se obter uma amostragem maior (25), já que a profundidade dos poços é semelhante, todos apresentam fossas próximas e estão no entorno do cemitério. Para uma melhor análise dos dados, utilizou-se o software Minitab 17.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema aquífero barreiras possui grande distribuição no Brasil, aflorando de forma descontinuada desde a região Norte até a Sudeste (ANA, 2005). Na Região Metropolitana de Belém (RMB) as águas provenientes do aquífero Barreiras possuem características distintas, como a baixa concentração de sólidos dissolvidos, pH caracteristicamente ácido, altos teores de ferro e nitrato, devido ao esgotamento doméstico (Aaújo & Tancredi, 2000). A tabela 01 apresenta as características da água bruta e filtrada dos poços ao redor do cemitério Santa Isabel.

Tabela 01 – Características físico e químicas da água subterrânea bruta e filtrada no entorno do cemitério Santa Isabel
 Fonte: Autores (2016). Modificado de Cabral *et al* (2006), Matta *et al* (2010) e Resolução CONAMA nº396 de 2008.

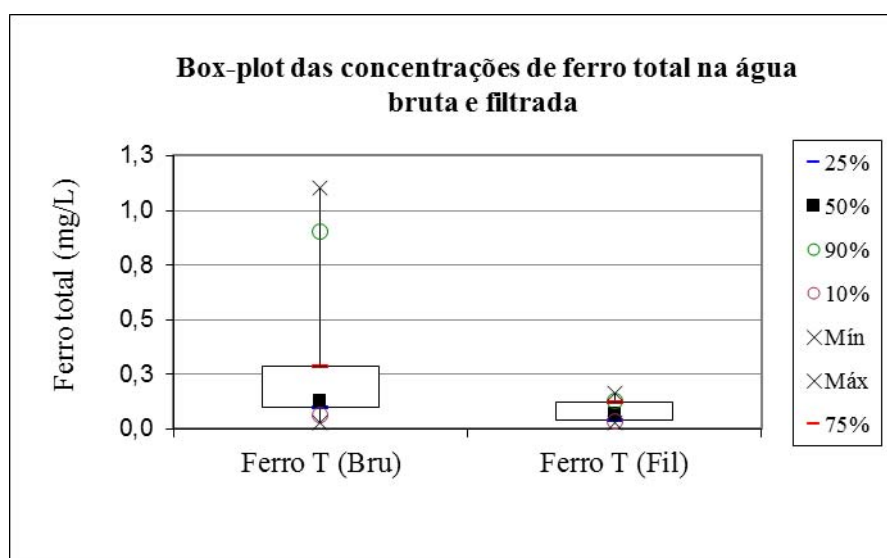
Variáveis	Unidade	Água Subterrânea Bruta	Água Subterrânea Filtrada	Eficiência de Adsorção do carvão ativado (%)	Cabral <i>et al</i> (2006)	Matta <i>et al</i> (2010)	Conama 396/2008			
							Consumo humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
Média±DP							Valor Máximo Permitido			
pH	-	5,8±0,8	6,5±0,6	-	5,4±0,8	4,2±0,5	-	-	-	-
Alcalini T	mg CaCO ₃ /L	31,7±23,3	47,1±24,1	-	33,7±27,5	8,8±18,3	-	-	-	-
Condutivi	µS/cm	387,8±184,2	392,5±213,4	-	301,3±80,0	163,1±74,2	-	-	-	-
ST	mg/L	214,5±72,3	197,4±79,8	8%	-	-	-	-	-	-
SST	mg/L	6,3±7,7	2,46±3,6	62%	-	-	-	-	-	-
SDT	mg/L	208,1±73,9	195,0±80,5	6%	164,9±47,5	-	1000	-	-	-
Cor Apar.	Uc	13,6±5,8	15,1±4,8	-	-	16,5±31,8	-	-	-	-
Turbidez	NTU	1,1±1,0	1,0±0,9	12%	-	9,4±26,6	-	-	-	-
Amônia	mg NH ₃ /L	6,0±3,2	5,1±3,1	15%	1,6±2,1	1,5±2,5	-	-	-	-
Nitrito	mg N-NO ₂ ⁻ /L	0,5±2,0	0,07±0,1	88%	0,03±0,04	-	1	10	1	1
Nitrato	mg N-NO ₃ ⁻ /L	43,1±55,6	14,1±12,6	67%	29,7±11,3	34,8±25,1	10	90	-	10
Sulfato	mg SO ₄ ⁻² /L	22,3±12,3	27,1±18,8	-	26,9±12,6	8,5±13,8	-	-	-	-
D. Total	mg CaCO ₃ /L	17,0±10,5	16,3±11,6	-	56,4±38,0	18,6±13,5	-	-	-	-
Ferro T	mg Fe/L	0,3±0,3	0,08±0,04	73%	-	-	0,3	-	5,	0,3

Nota-se o pH médio ácido das águas ($5,8 \pm 0,8$), no entanto esse fato pode ser considerado normal em vista que é uma característica regional, como pode ser observado nas pesquisas de Cabral *et al* (2006) e Matta *et al* (2010). A utilização do carvão ativado como forma de tratamento surtiu efeito positivo em relação a melhora do pH das águas, passando para $6,5 \pm 0,6$, tendendo a neutralidade. Outro fato que confirma a melhora do pH das águas foi o aumento da alcalinidade total.

Percebe-se que os sólidos suspensos foram reduzidos de $6,3 \pm 7,7$ para $2,4 \pm 3,6$ mg/L, porém não houve uma mudança considerável na turbidez (de $1,1 \pm 1,0$ para $1,0 \pm 0,9$ NTU). Em relação aos sólidos dissolvidos totais houve uma pequena diminuição de $208,1 \pm 73,9$ para $195,0 \pm 80,5$ mg/L, conseqüentemente não ocorreu alteração brusca na cor aparente (de $13,6 \pm 5,8$ para $15,1 \pm 4,8$ Uc) e condutividade (de $387,8 \pm 184,2$ para $392,5 \pm 213,4$ μ S/cm) das águas.

Altas concentrações de ferro são uma problemática na RMB, no entanto, não foram observados valores altos nas águas subterrâneas próxima ao cemitério. Obteve-se o valor médio de $0,3 \pm 0,36$ mg Fe/L, apesar de não atender a Resolução CONAMA nº 396, no aspecto de valor máximo permitido para o consumo humano e recreação. Pode ser observado na figura 01 o comportamento do ferro total após a filtração com o carvão ativado.

Figura 01 – Box-plot da concentração de ferro total das amostras de água subterrânea bruta e filtrada nas proximidades do cemitério Santa Isabel.



Fonte: Autores (2016)

Na figura 01, nota-se que o box-plot referente a concentração de ferro da água bruta possui um pico máximo de 1,1 mg/L e mediana de 0,1 mg/L, dando uma forma alongada ao gráfico. No entanto, após a filtração com o carvão ativado percebe-se uma compactação do box-plot, apresentando o valor máximo, mínimo e de mediana em torno de 0 a 0,3 mg/L, originando uma eficiência de adsorção média de 73%.

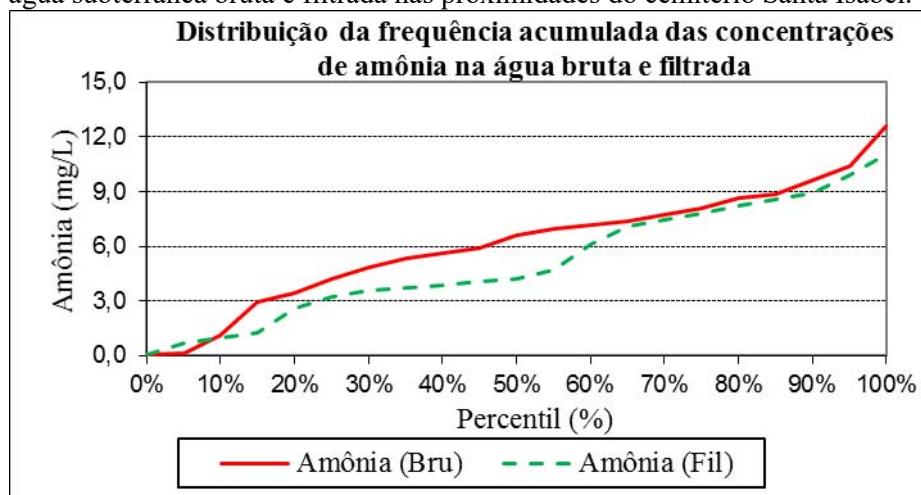
A amônia é encontrada na água, frequentemente, na sua forma ionizada, amônio (NH_4^+). Amônia dificilmente é achada em águas superficiais ou subterrâneas que não estejam sofrendo algum tipo de poluição, como esgoto doméstico (quebra de proteínas de compostos orgânicos, fezes e urina), fertilizantes, decomposição de animais mortos

ou seres humanos, comum em locais onde há inadequada construção de cemitérios (EPA, 2011; WHO, 2003; ODHS, 2000).

No Guia de Avaliação de Risco Cancerígeno (U.S. EPA, 2005), a amônia é citada como um item que necessita de mais informações sobre o seu risco carcinogênico, devido terem poucos estudos em seres humanos. Além disso, Tsuji *et al* (1992, 1995), sugere que a amônia administrada em água de consumo pode agir como um promotor de câncer, mais especificamente caso da indução de câncer de estômago pela *H. pylori*.

A água subterrânea ao redor do cemitério Santa Isabel mostrou-se com um nível superior de amônia $6,0 \pm 3,2$ mg/L, se comparado com Cabral *et al* (2006) e Matta *et al* (2010), que encontraram $1,6 \pm 2,1$ e $1,50 \pm 2,5$ mg/L respectivamente. Os dois autores sugerem que o seu local de estudo estava sofrendo influência de esgotamento *in situ* (fossas negras). As águas subterrâneas próximas ao cemitério Santa Isabel, provavelmente, também estão sofrendo influência dos esgotos domésticos, tendo em vista que não existe rede coletora local, além da contaminação do necrochorume, proveniente do próprio cemitério. Na figura 02, é demonstrado o comportamento da amônia na água bruta e filtrada.

Figura 02 –Distribuição de frequência acumulada da concentração de amônia das amostras de água subterrânea bruta e filtrada nas proximidades do cemitério Santa Isabel.



Fonte: Autores (2016)

Na figura 02, realizou-se a distribuição da frequência acumulada, onde são organizados os valores em ordem crescente e classificados através de percentis. Esse método de análise auxilia na visualização da eficiência do carvão ativado, uma vez que, em cerca de 90% dos percentis a curva referente a amostra filtrada permanecem abaixo da curva da amostra bruta. Contudo, apesar do carvão ativado ter reduzido a amônia na água bruta, obteve apenas o desempenho médio de 13%. Já era um resultado esperado, uma vez que é difícil a redução de amônia na água, sendo necessário a utilização de complexos e caros métodos de tratamento, como osmose reversa, destilação ou troca iônica (ODHS, 2000).

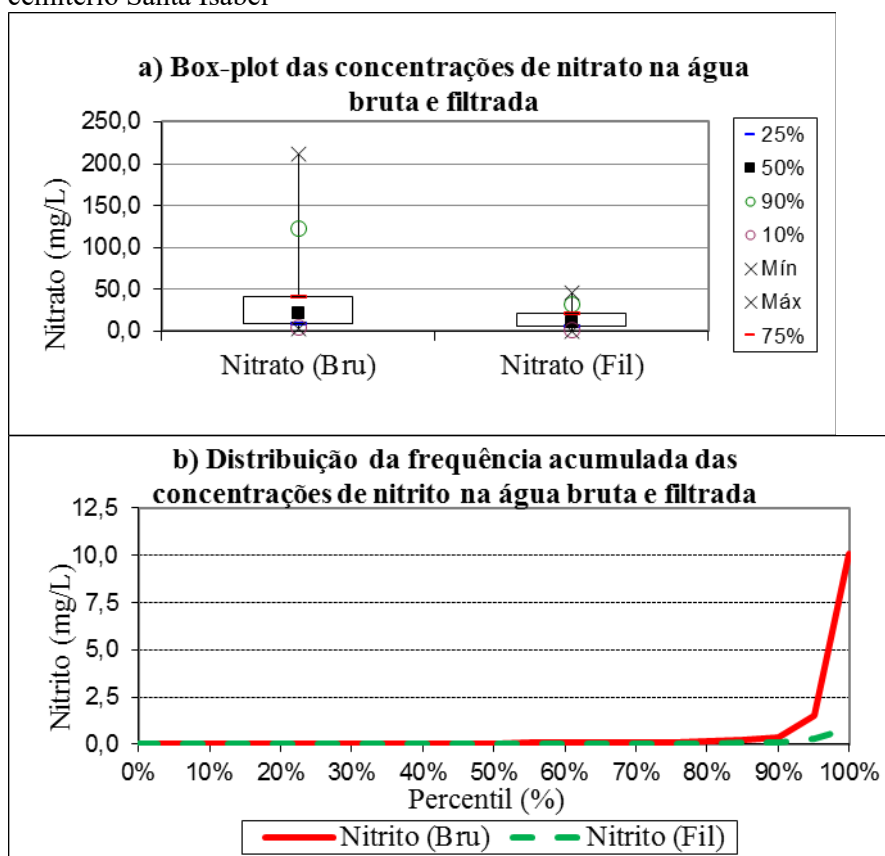
Um fato preocupante é que a resolução CONAMA n° 396 (CONAMA, 2008) não estabelece um valor máximo permitido para o consumo humano de amônia, sendo que os moradores locais utilizam a água subterrânea para o consumo e preparo de alimentos. O Oregon Department of Human Services (2000), adverte que consumo de

águas com concentrações de amônia superiores a 1 mg/L, durante longos períodos, talvez possa ocasionar danos a órgãos internos.

Nitrato e nitrito podem ser encontrados tanto na superfície quanto em águas subterrâneas, como consequência de atividades agrícolas, contaminação por esgotamento doméstico ou pelo necrochorume dos cemitérios. Esses compostos representam grande perigo aos seres humanos.

A toxicidade do nitrato em humanos está relacionado à sua redução a nitrito, devido as bactérias gastrointestinais. Um dos maiores efeitos biológicos do nitrito é a oxidação da *normal Hb* para *metHb*, o que causa a incapacidade do transporte de oxigênio para os tecidos e órgãos. A redução da capacidade de oxidação torna-se clinicamente manifestado quando a *metHb* alcança uma concentração de 10%, ou mais, em relação a concentração de normal *Hb*; a condição conhecida como metahemoglobinaemia causa a cianose e em casos mais sérios a asfixia (WHO, 2011). A seguir nas figuras 03a e 03b são apresentados o comportamento das concentrações de nitrato e nitrito na água bruta e filtrada.

Figura 03: a) Box-plot da concentração de nitrato das amostras de água subterrânea bruta e filtrada nas proximidades do cemitério Santa Isabel; b) Distribuição de frequência acumulada da concentração de nitrato das amostras de água subterrânea bruta e filtrada nas proximidades do cemitério Santa Isabel



Fonte: Autores (2016)

Nas águas subterrâneas do Guamá foi encontrado o valor médio de nitrato igual a $43,1 \pm 55,6$ e após a filtração concentração de $14,1 \pm 12,6$, sendo que o valor médio bruto foi cerca de duas vezes maior do que o encontrado por Matta *et al* (2010) e Cabral

et al (2006). Nos box-plots da figura 3a tem-se o valor máximo de 211,6 mg/L de nitrato para a amostra bruta e 45,6 mg/L para a filtrada, mediana de 20,7 e 10,2 mg/L para o bruto e filtrado, respectivamente. Nota-se uma grande adsorção do filtro de carvão tendo eficiência média de 67%, mesmo assim o valor médio ($14,1 \pm 12,6$) ainda permanece acima do estabelecido pela CONAMA nº 396.

O nitrito por ser muito instável, é dificilmente encontrado, no entanto foi observado um valor máximo de 10,1 mg/L na água bruta, valor médio de $0,5 \pm 2,0$ mg/L, cerca de 10 vezes maior do que encontrado por Matta *et al* (2010) e Cabral *et al* (2006). Tal fato deve-se, provavelmente, às altas taxas de nitrificação, já que a carga de amônia local é bem elevada. Na figura 03b a curva referente a concentração de nitrito da água filtrada está abaixo da curva da amostra bruta, percebe-se melhor a partir do nono decil, onde são encontrados os picos de nitrito da amostra bruta, enquanto o filtrado mantém um valor próximo a zero, provando que houve uma redução após a filtração.

CONCLUSÕES

O lençol freático presente nas proximidades do cemitério Santa Izabel foi classificado, fazendo uso do CONAMA nº 396, como Classe 4, visto que foram encontradas evidências de alterações antrópicas. Para a maioria dos parâmetros analisados o valor satisfaz o CONAMA nº 396, todavia, as variáveis nitrito e nitrato estão acima do indicado e podem causar danos à saúde caso ingeridos frequentemente, necessitando de um tratamento para usos mais nobres.

O filtro causou uma redução média de 62% para a variável sólidos suspensos totais, acarretando em uma redução média de 12% dos valores de turbidez, contudo não foi verificada nenhuma eficiência para a variável cor aparente, apesar da redução de 6% dos sólidos dissolvidos totais

A água bruta e a filtrada analisadas apresentaram ferro em um intervalo de $0,3 \pm 0,3$ mg Fe/L e $0,08 \pm 0,04$ mg Fe/L, respectivamente, alarmando uma eficiência de 73%. O filtro apresentou resultados satisfatórios para as variáveis nitrato e nitrito, eficiência de 67% e 88%, respectivamente. Nitrato teve seu intervalo de incerteza reduzido de $43,1 \pm 55,61$ para $14,1 \pm 12,6$ mg N-NO₃⁻/L. As variáveis sulfato e dureza total não apresentaram eficiências significantes,

A água extraída do lençol freático sem qualquer tratamento prévio tem como único uso a dessedentação de animais, visto que os intervalos de incerteza de nitrito, nitrato e ferro total estão acima do permitido para recreação e consumo humano, além de não ser ideal para irrigação devido a concentração de nitrito. A água pós filtro pode ser usada para irrigação e dessedentação de animais, não sendo recomendada para consumo humano e recreação devido a concentração de nitrato.

A resolução do CONAMA nº 396 não dispõe um padrão para a variável amônia, sendo assim, não há uma limite estabelecido para água subterrâneas, o ministério da saúde utiliza o valor de 1,5 mg NH₃/L para águas tratadas na portaria 2.914 (BRASIL, 2011)

Os moradores da área de estudo podem adotar duas opções para abastecimento, sendo elas: uso contínuo do lençol freático ou uso da água proveniente da concessionária. Caso optem por continuar usando a água proveniente do lençol freático, os mesmos devem adotar um tratamento focado na remoção de compostos nitrogenados, devido a possíveis problemas de saúde que decorrem do uso prolongado desses compostos para usos nobres, tais quais a potabilidade e limpeza de materiais.

Os residentes da zona de estudo, também, podem optar pelo requerimento de água de qualidade para a concessionária, alegando a obrigatoriedade da mesma em fornecer água de forma a atender as necessidades da região com qualidade adequada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. P.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Nitrato em aquífero freático na Amazônia Oriental. Cidade de Santa Izabel do Pará – Brasil. In: Congresso mundial integrado de águas subterrâneas, 1 e Congresso brasileiro de águas subterrâneas, 11. Fortaleza. 2000. ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Cadernos de recursos hídricos: Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS), **Portaria nº 2914**, de 12 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo humano**. 1. ed. Brasília. Editora MS. 2006.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 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.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução No. 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Brasília- DF. 2008.

Department of human services – Environmental toxicology section. **Health effects information: Ammonia**. Technical bulletin. Oregon department of human services January 2000.

DIETER, H. H., MOLLER, R. Ammonium. In: AURAND, K. et al. **Die trinkwasserverordnung. Einführung und erläuterungen**. Berlin, Erich-Schmidt Verlag, 1991.

EPA - Environmental Protection Agency. **Toxicological Review of Ammonia**. In support of summary information on the integrated risk information (IRIS). Washington, DC. 2011.

FIDANZA, F. A. **Álbum de Belém-Pará**. Belém: Edição F. A. Fidanza. 1902.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico – Aparelho por pressão**. 2004. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/filtro2.asp>>

International Organization For Standardization. **Water-quality – determination of ammonium**. Geneva, 1984, 1986 (ISO5664:1984; ISO6778:1984; ISO7150-2:1986).

ITB – Instituto Trata Brasil. **Perdas de Água: Desafios ao Avanço do Saneamento Básico e à Escassez Hídrica**. 2015.

KEMERICH, P. D. C.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; et al. **Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro em Santa Maria, RS**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal. 2011 .v. 8.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios contaminam o meio ambiente: um estudo de caso**. Cuiabá: Universitária, 2002.

SPERLING, M. V. **Introdução da Qualidade das Águas e ao Tratamento dos Esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. v. 1.

TSUJII, M.; KAWANO, S.; TSUJII, S. et al. Mechanism for ammonia-induced promotion of gastric carcinogenesis in rats. **Carcinogenesis**, v. 16, n. 3, p. 563-566, 1995.

TSUJI, M.; KAWANO, S.; TSUJI, S. et al. Mechanism of gastric mucosal damage induced by ammonia. **Gastroenterology**, v. 102, p. 1881-1888, 1992b.

WHO - World Health Organization. **Ammonia in drinking-water**. In: Background document for development WHO guidelines for drink-water quality. Geneva, Switzerland. 2003.

WHO - World Health Organization. **Nitrate and Nitrite in Drinking-Water, Background Document for development of WHO Guidelines for Drinkin-Water Quality**. Suíça, 2011.