

INFLUÊNCIA DOS CEMITÉRIOS NA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR COMPOSTOS FENÓLICOS

Camila Angélica Baum¹

Valter Antonio Becegato²

Pamela Beccalli Vilela³

Lais Lavnitcki⁴

Eduardo da Costa Duminelli⁵

Jordana dos Anjos Xavier⁴

RESUMO

O fenol é um dos principais compostos utilizados na preparação de corpos para sepultamento. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a concentração de compostos fenólicos em águas subterrâneas que estão sob influência direta de dois cemitérios urbanos, localizados em um município da região Serrana de Santa Catarina. Por não haver estudos que avaliassem a contaminação de água subterrânea de cemitérios por fenóis totais, esse estudo é um ponto de partida para que estudos mais aprofundados avaliem esse contaminante e a sua dinâmica em áreas sob influência de cemitérios. Foram realizadas coletas de água subterrânea em poços de monitoramento localizados nas áreas internas destes cemitérios, nas quatro estações, durante um ano. Para fins de análise foi determinado o pH e a concentração de fenóis totais, pelo método colorimétrico. Os resultados indicam elevadas concentrações de fenóis totais, com concentração mínima de 0,03 mg L⁻¹, no outono, e máxima de 2,72 mg L⁻¹, no verão. As concentrações observadas em todas as amostras coletadas, em todas as estações, estavam acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA no 396/2008, que é de 0,003 mg L⁻¹, caracterizando a contaminação ambiental.

Palavras-chave: Fenóis Totais; Necrochorume; Passivo Ambiental.

ABSTRACT

Influence of the cemeteries in contamination of underground waters by phenolics compounds. The phenol is one of the main compounds using in the prepare of bodies for burial. Objectified with this work evaluate the concentration of total phenols in groundwater that if are under direct influence of two urban cemeteries, both in a city in the Serrana region of Santa Catarina. Because don't have studies that evaluate the contamination of the groundwater of cemeteries for total phenols, this study is a start point for deepened studies evaluate this contaminate and your dynamics in areas under influence of cemeteries. Was realized gathers of underground water in monitoring wells located inside of these cemeteries, in the

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas, PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, RS, Brasil. E-mail para correspondência: eng.camilabaum@gmail.com

² PPG em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina – UESC, SC, Brasil.

³ PPG em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, MG, Brasil.

⁴ PPG em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina – UESC, SC, Brasil.

⁵ Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado de Santa Catarina – UESC, SC, Brasil.

four seasons, for one year. For the purposes of analysis, the pH and concentration of total phenols were determined by the colorimetric method. The results indicated high concentrations of total phenols, with minimum concentration of $0,03 \text{ mg L}^{-1}$, in the autumn, and maximum of $2,72 \text{ mg L}^{-1}$, in the summer. The concentrations observed in all the samples gathers, in all the seasons, was above of the value allowed for CONAMA regulation at the 396/2008, that is $0,003 \text{ mg L}^{-1}$, charactering the environment contamination.

Keywords: Total Phenols; Necroleachate; Environmental Legacy.

INTRODUÇÃO

A contaminação dos aquíferos por atividades antrópicas potencialmente poluidoras tem se tornado um problema recorrente e preocupante, visto que, no que tange à gestão dos recursos hídricos subterrâneos, os aquíferos são considerados reservatórios estratégicos para a humanidade (Cutrim e Campos, 2010). Fiedler et al. (2012) afirmam que os cemitérios podem ser considerados como uma espécie particular de aterro, diante do seu potencial contaminante de solos e, conseqüentemente, de águas subterrâneas.

O impacto dos cemitérios em águas subterrâneas foi documentado pela primeira vez em 1951 por Van Haaren e, desde então, diversos estudos como os de Pacheco (1986, 2000), Mendes et al. (1989), Pacheco e Mendes (1990), Martins et al. (1991), Pacheco et al. (1991), Üçisik e Rushbrook (1998), Bastianon et al. (2000), Pacheco e Batello (2000), Pacheco e Matos (2000), Fineza (2008), Kemerich et al. (2012), Costa (2017) e Souza et al. (2017) foram desenvolvidos para se obter maior conhecimento sobre os impactos ambientais às águas subterrâneas, inerentes a esse tipo de empreendimento. Grande parte dos estudos ambientais avaliam a contaminação biológica da água subterrânea, porém, os estudos mais recentes passaram a avaliar também a contaminação físico química.

Os contaminantes das águas subterrâneas são originários do necrochorume, que é um resíduo gerado pela decomposição dos corpos, dos caixões, dos tecidos utilizados para vestir o corpo e de produtos e substâncias introduzidas no corpo humano (Jonker e Olivier, 2012). Esse resíduo apresenta composição diversa, variando de acordo com a localização geográfica, religião e costumes, sendo também influenciado pela época do sepultamento (Baum e Becegato, 2018).

Da decomposição dos corpos são gerados, principalmente, sais minerais (Jonker e Olivier, 2012; Rosa e Ucker, 2019) e subprodutos, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻), e aminas biogênicas (Fiedler et al., 2012; Żychowski, 2012; Neckel et al., 2017). Além disso, existe a presença de microrganismos patógenos, como bactérias e vírus (Figueiredo Filho et al., 2011; Żychowski e Bryndal, 2014). Da decomposição de caixões e de seus adereços são gerados materiais de difícil degradação, ligantes químicos, metais pesados (Williams et al., 2009), cloreto de polivinilo, creosoto ou inseticidas (Mininni et al., 2007; Jonker e Olivier, 2012) e vernizes e seladores (Jonker e Olivier, 2012). Ainda há as substâncias introduzidas no corpo humano ao longo da vida (Fiedler et al., 2012), como marcapassos e amálgama dentária, além das substâncias utilizadas na preparação do corpo, como fenol, formaldeído, glicerol e álcool etílico (Oliveira et al., 2013; Van Allemann et al., 2018).

O crescente número de estudos que indicavam a contaminação ambiental pela atividade cemiterial impulsionaram o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) a regulamentar essa atividade. Dessa forma, em 2003, o CONAMA instituiu a Resolução n° 335/2003, sendo a primeira legislação a nível nacional para regulamentar a atividade cemiterial. Esta lei foi reformulada em 2006, com a Resolução CONAMA

nº 368, sendo novamente atualizada em 2008, com a CONAMA nº 402, visando aumentar ainda mais a segurança ambiental quando da instalação de novos empreendimentos (CONAMA, 2003, 2006, 2008a).

Mesmo com os avanços na legislação, o ordenamento jurídico não estabelece o procedimento a ser realizado para a regularização dos cemitérios tradicionais preexistentes. Apesar da existência de um ordenamento jurídico que balize a implantação e funcionamento de novos cemitérios, os preexistentes a 2003, em grande maioria, constituem fonte contínua de contaminação, visto que alguns materiais levam tempo para se decompor e porque, em muitos casos, os sepultamentos continuam ocorrendo (Baum e Becegato, 2018).

Apesar dos impactos dos cemitérios nas águas subterrâneas terem sido extensivamente examinados no Brasil, não foram identificados nessa pesquisa estudos que avaliaram a ocorrência de fenol nas águas subterrâneas sob influência de cemitérios. O fenol é um composto orgânico aromático derivado do benzeno, sendo um dos principais compostos utilizados na tanatopraxia (que são técnicas utilizadas para a conservação de cadáveres) (Oliveira et al., 2013).

O fenol é considerado um contaminante emergente de alto risco para o ecossistema ambiental e para a saúde humana (Li et al., 2017). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e a União Européia (UE) listaram os compostos fenólicos como poluentes de preocupação prioritária, devido a toxicidade dos mesmos, que têm efeitos severos de curto e longo prazo em seres humanos e animais (Mahugo-Santana et al., 2010; Li et al., 2017). A ocorrência de compostos fenólicos no ambiente aquático é, portanto, não apenas indesejável, mas também representa um perigo no que se refere à saúde humana e ao ambiente (Anku et al., 2017).

Visando contribuir para o desenvolvimento de informações sobre as concentrações de fenol em águas subterrâneas, o presente artigo teve como objetivo avaliar a concentração de compostos fenólicos em águas subterrâneas que estão sob influência direta de dois cemitérios urbanos de um município da região Serrana de Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Este estudo foi realizado nas áreas internas de dois cemitérios públicos localizados na área urbana de uma cidade da região Serrana de Santa Catarina. Os cemitérios foram denominados como Cemitério01 e Cemitério02. O Cemitério01 (C01) está em operação há 78 anos, ocupando uma área aproximada de 60.817 m². É o maior cemitério da cidade, com média de 44 sepultamentos mensais. O Cemitério02 (C02) é o segundo maior cemitério público urbano da cidade, em operação há 130 anos, possui em média 13 sepultamentos mensais e ocupa uma área de 38.824 m².

Procedimentos

Para avaliar as concentrações de fenóis totais nas águas subterrâneas sob influência dos cemitérios em estudo foram realizadas amostragens de águas subterrâneas, com coletas sazonais nos poços de monitoramentos

dos respectivos cemitérios, totalizando quatro campanhas (uma campanha de amostragem em cada estação climática). As coletas foram realizadas no ano de 2017. No Cemitério01 foram monitorados cinco poços, resultando em 16 amostras no período monitorado (4 no verão; 5 no outono; 3 no inverno e 4 na primavera) e no Cemitério02 foram monitorados quatro poços, resultando em 8 amostras (1 no verão; 4 no outono; 1 no inverno e 2 na primavera), totalizando 24 amostras. O nível da água impossibilitou a coleta em alguns poços de monitoramento, devido ao mesmo estar abaixo da profundidade máxima do poço. Apenas na estação do outono foi possível a coleta de água em todos os poços devido ao nível da água estar mais próximo da superfície do solo; nas outras estações o nível de água inviabilizou a coleta em alguns poços de monitoramento.

Também foi realizada medição do nível da água nas áreas de estudo na amostragem realizada no verão. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as localizações dos poços de monitoramento.

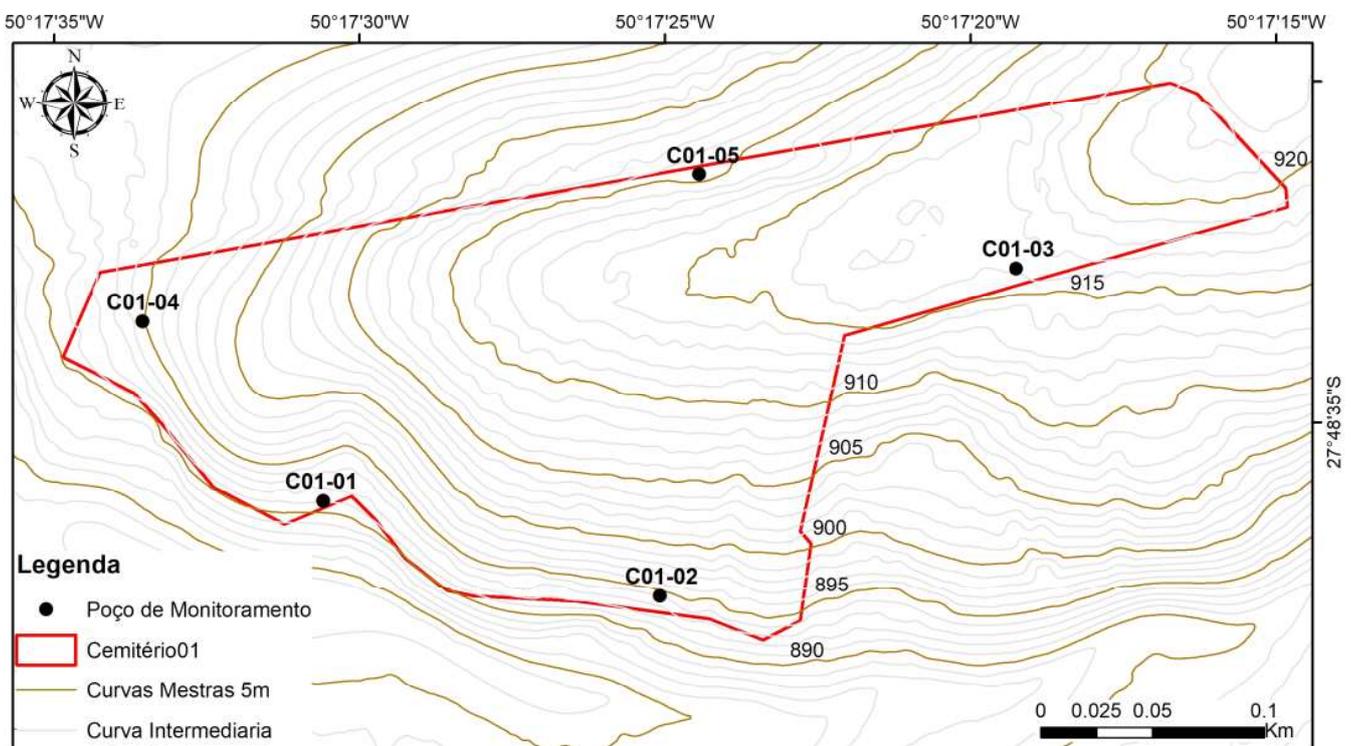


Figura 1. Localização dos poços de monitoramento no C01.

A metodologia utilizada para coleta e armazenamento seguiu as orientações estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e na Norma Técnica (NBR) 9.898 (ABNT, 1987). As amostras foram coletadas com amostradores descartáveis (*bailer*), armazenadas em frascos de poliuretano, os quais foram ambientados com a água do próprio local antes da efetivação da coleta, e devidamente etiquetados e vedados. As amostras foram armazenadas e transportadas em caixa térmica contendo gelo.

Para fins de análise foi determinada a concentração de fenóis totais e pH das amostras. As análises foram realizadas em triplicata. A determinação do fenóis totais foi realizada pelo método colorimétrico - Método 5530 (APHA, 2012), que consiste na formação de um complexo de antipirina, derivado da reação da 4-aminoantipirina (4-AAP), na presença de ferrocianeto de potássio em pH 7,9. O complexo

formado foi lido de forma direta em fotocolorímetro a 470 nm, com limite de detecção de 0,01 mg L⁻¹. O fotocolorímetro usado foi o Multiparâmetro, modelo AT100P II, marca Alfakit. As leituras foram realizadas em temperatura ambiente (~ 21°C) através de pHmetro de bancada, com eletrodo de vidro (Sensoglas, modelo SA01).

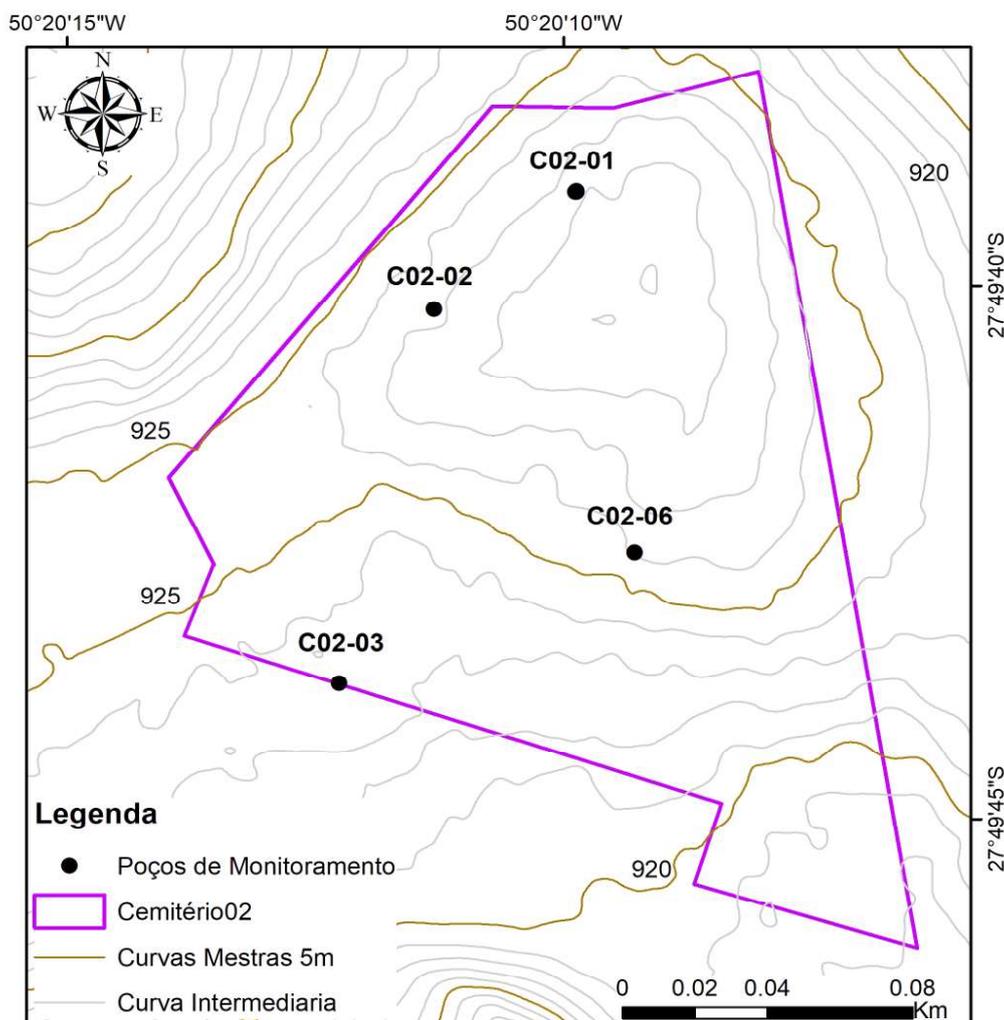


Figura 2. Localização dos poços de monitoramento no C02.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as amostras analisadas apresentaram elevadas concentrações de fenóis, com concentração mínima de $0,033 \pm 0,03$ mg L⁻¹ no C02-06 no outono e máxima de $2,717 \pm 0,33$ mg L⁻¹ no verão no C02-03 (Tabela 1). Quando analisados as concentrações de fenóis totais registradas, em comparação com o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 396/2008 (CONAMA, 2008b), foi verificado que todas se encontram acima do valor máximo permitido, que é de 0,003 mg L⁻¹ para consumo humano. Considerando que é comum o uso das águas do aquífero freático para abastecimento, no estudo em questão, a principal exposição da população a tal contaminante seria por via oral e dérmica. O fenol é considerado altamente tóxico para os seres humanos através da exposição oral (Meena et al., 2015), sendo que a ingestão de 1 g de fenol é letal com sintomas, incluindo fraqueza e tremores musculares, perda de coordenação, paralisia, convulsões, coma e parada respiratória (ATSDR, 1989).

Tabela 1. Concentração de Fenóis Totais (mg L⁻¹) em água subterrânea sob influência dos Cemitério01 (C01) e Cemitério02 (C02).

Poço	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
C01-01	2,310	± 0,04	0,040	± 0,02	1,967	± 0,02	1,553	± 1,23
C01-02	-	-	0,040	± 0,04	-	-	-	-
C01-03	2,310	± 0,06	0,070	± 0,03	0,137	± 0,01	0,100	± 0,02
C01-04	1,067	± 0,11	0,080	± 0,02	-	-	0,417	± 0,03
C01-05	0,037	± 0,13	0,163	± 0,06	0,037	± 0,03	1,203	± 0,09
C02-01	-	-	0,040	± 0,03	-	-	0,830	± 0,02
C02-02	-	-	0,087	± 0,04	-	-	-	-
C02-03	2,717	± 0,33	0,470	± 0,08	0,407	± 0,03	0,427	± 0,08
C02-06	-	-	0,033	± 0,03	-	-	-	-

As concentrações de fenol registradas, mesmo sendo variáveis no tempo e espaço, caracterizaram o composto como contaminante em todo o espaço das áreas estudadas, indiferentemente das épocas dos sepultamentos – sepultamentos antigos e recentes –, fato esse que enaltece a característica de baixa biodegradabilidade do fenol em águas subterrâneas. Os danos ao meio ambiente e à saúde pública ocorrem porque esse poluente possui baixa biodegradabilidade e taxas elevadas de bioacumulação, além de agir como agente carcinogênico (Xavier, 2012; Anku et al., 2017).

Na estação do outono, ainda conforme Tabela 1, foram registradas as menores concentrações de fenóis totais, situação esta que pode estar relacionada ao fato de a campanha de amostragem ter sido realizada após um período chuvoso, o qual tem o potencial de elevar o nível da água no aquífero freático. De acordo com Branco et al. (2013), a molécula de fenol apresenta elevada solubilidade em água devido à presença de grupos hidroxilas; dessa forma, com mais água disponível no aquífero freático, maior a capacidade de solubilidade do fenol no meio.

As maiores concentrações de fenóis totais, para ambos os cemitérios, foram registradas no verão, estação em que também foram registrados elevados valores de pH das águas subterrâneas. As águas subterrâneas estudadas apresentaram valores de pH entre 5,257 no C01-01, no outono, e 7,133 no C02-03, também no outono, com valores médios próximos a 6,0 (Tabela 2). Conforme Santos (2000), a maioria das águas subterrâneas possuem pH entre 5,5 e 8,5, sendo que em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. Ao analisar a correlação entre as médias das concentrações de fenóis totais e do pH, verificou-se no Cemitério02 a correlação foi de 0,771, enquanto para o Cemitério01 verificou-se uma correlação de 0,585. Esses resultados podem estar associados ao fato de que em águas com maior pH, ocorre maior dissociação dos compostos fenólicos. Schneider (2008), ao analisar a adsorção de fenóis por carvão ativado verificou que ao aumentar o pH da solução aquosa a adsorção é prejudicada devido a dissociação dos compostos fenólicos na solução aquosa.

Tabela 2. Potencial Hidrogeniônico (pH) da água subterrânea sob influência dos Cemitério01 (C01) e Cemitério02 (C02).

	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
C01-01	6,560	± 0,02	5,257	± 0,46	5,727	± 0,10	5,510	± 0,51
C01-02	-	-	5,920	± 0,04	-	-	-	-
C01-03	6,473	± 0,05	5,617	± 0,01	5,727	± 0,01	5,290	± 0,01
C01-04	5,407	± 0,15	5,277	± 0,05	-	-	5,387	± 0,03
C01-05	5,800	± 0,02	6,540	± 0,01	6,027	± 0,03	5,970	± 0,05
C02-01	-	-	5,973	± 0,09	-	-	6,390	± 0,03
C02-02	-	-	5,697	± 0,01	-	-	-	-
C02-03	6,767	± 0,63	7,133	± 0,09	6,400	± 0,20	6,977	± 0,05
C02-06	-	-	6,117	± 0,07	-	-	-	-

Em relação ao potencial de influência da textura do solo, o solo do Cemitério01 possui textura predominantemente argilosa (argila 38,07 %; areia 34,13 %), enquanto o solo do Cemitério02 caracteriza-se como predominantemente arenoso (areia 47,32 %; argila 29,40 %) (Baum, 2018). Conforme Uçisik e Rushbrook (1998), solos constituídos de uma mistura argila-areia de baixa porosidade e alta área superficial específica, como é o caso do solo encontrado no Cemitério01, maximizam a retenção de produtos de degradação. De acordo com Silva (apud Silva e Malagutti Filho, 2008), solos com textura adequada para atividade de sepultamentos devem possuir de 20 a 40 % de argila para que os processos de decomposição aeróbia e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos; no entanto, não é possível afirmar que as diferenças na textura dos solos influenciou na percolação de fenóis totais, haja vista que no verão e outono as concentrações foram maiores no Cemitério02 e no outono e primavera as concentrações foram maiores no Cemitério01.

A espessura da camada de solo não saturada é um dos fatores que possui relação direta com o potencial poluidor dos cemitérios nas águas subterrâneas, devido a zona não-saturada servir de barreira para os contaminantes (Baum, 2018). A Resolução CONAMA nº 368 estabelece que o nível inferior das sepulturas deve estar a uma distância de pelo menos 150 cm acima do mais alto nível do aquífero freático, medido no fim da estação das cheias. No período de estudo observou-se que no Cemitério02 o nível do aquífero freático variou entre 1,45 m e 2,55 m em relação a superfície do solo; no Cemitério01 essa variação ocorreu entre 1,75 e 3,75 m em relação a superfície do solo. Considerando que normalmente os sepultamentos ocorrem nas camadas mais profundas do solo (1,5 a 1,8 m) (Barros et al., 2008), a distância entre o nível inferior das sepulturas e o mais alto nível do aquífero freático nas áreas dos cemitérios é inadequada para a realização de sepultamentos nesses locais e possivelmente contribui para as elevadas concentrações de fenóis totais encontradas.

CONCLUSÃO

Foram identificadas concentrações de fenóis totais acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 em todas as amostras coletadas em todas as estações, confirmando a contaminação ambiental das áreas de estudo. As concentrações variaram entre os pontos e nas estações, não sendo possível afirmar

qual dos cemitérios tem maior potencial contaminante. Também não foi possível identificar se a textura do solo tem influência nos teores de fenol observados.

Esse estudo é um ponto de partida para que estudos mais aprofundados avaliem esse contaminante e a sua dinâmica nas águas subterrâneas em áreas sob influência de cemitérios, principalmente daqueles estabelecidos antes da Resolução CONAMA nº 335/2003.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC na forma de bolsa de pesquisa, Chamada Pública processo nº 05/2015. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAMB-UDESC) pelo incentivo a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1987. NBR 9.898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. ABNT, 22p.
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1989. Toxicological Profile for Phenol. Atlanta: US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, 269p.
- ANKU, W. W.; MAMO, M. A.; GOVENDER, P. P. 2017. Phenolic compounds in water: sources, reactivity, toxicity and treatment methods. In: M. Soto-Hernández; M. P. Tenango; R. García-Mateos (Orgs.). **Phenolic compounds-natural sources, importance and applications**. Rijeka: IntechOpen, p. 419-443.
- APHA, American Public Health Association. 2012. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA. 107p.
- BARROS, Y. J. et al. 2008. Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(4):1763-1773.
- BASTIANON, D. et al. 2000. Geophysical surveying to investigate groundwater contamination by a cemetery. In: SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF GEOPHYSICS TO ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS 2000, 2000, Arlington. p. 709-718.
- BAUM, C. A. 2018. **Impactos ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages – SC**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, 121p.
- BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. 2018. A atividade cemiterial nos municípios brasileiros: Impactos ambientais, ordenamento jurídico e perspectivas futuras. **Revista Sustentabilidade em Debate**, 9(3):160-170.
- BRANCO, S. B. et al. 2013. Atributos químicos do solo e lixiviação de compostos fenólicos após adição de resíduo sólido alcalino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17(5):543-551.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2003. Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- _____. 2006. 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. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=488>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

- _____. 2008a. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- _____. 2008b. Resolução nº 402, de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Disponível em: <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resolu%C3%A7%C3%A3o-Conama-402-08-cemit%C3%A9rios.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- COSTA, L. A. 2017. **Atividade cemiterial no município de Presidente Prudente – SP: Análise da qualidade da água e da biodiversidade**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Oeste Paulista, 108p.
- CRAWFORD, J. et al. 2008. Potential for human exposure. In: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Org.). **Toxicological profile for phenol**. Georgia: ATSDR, p. 149-155.
- CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. 2010. **Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na Cidade De Rondonópolis (MT) com aplicação dos métodos GOD e POSH**, 29(3):401-411.
- FIEDLER, S. et al. 2012. Graveyards - Special landfills. **Science of the Total Environment**, 419:90-97.
- FIGUEIREDO FILHO, Y. A.; PACHECO, A.; MANFREDINI, S. 2011. Solos tropicais, cemitérios e impactos ambientais. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2011, São Paulo.
- FINEZA, A. G. 2008. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro – MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, 63p.
- JONKER, C.; OLIVIER, J. 2012. Mineral contamination from cemetery soils: case study of Zandfontein cemetery, South Africa. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 9(2):511-520.
- KEMERICH, P. D. C. et al. 2012. Caracterização química da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva (EDXRF). **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 7(3):166-182.
- LI, Q. L. et al. 2017. Multiple-helix cobalt (II)-based metal-organic nanotubes on stainless steel fibers for solid-phase microextraction of chlorophenol and nitrophenols from water samples. **Microchimica Acta**, 184(6):1817-1825.
- MAHUGO-SANTANA, C. 2010. Analytical methodologies for the determination of nitroimidazole residues in biological and environmental liquid samples: a review. **Analytica Chimica Acta**, 665(2):113-122.
- MARTINS, M. T. et al. 1991. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista de Saúde Pública**, 25:47-52.
- MENDES, J. M. B.; PACHECO, A.; HASSUDA, S. 1989. Cemitérios e meio ambiente - a geofísica como método auxiliar na avaliação de sua influência nas águas subterrâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 1989, Florianópolis. p. 50-57.
- MEENA, M. C.; BAND, R.; SHARMA, G. (2015). Phenol and its toxicity: A case report. **Iranian Journal of Toxicology**, 8(27):1222-1224.
- MININNI, G. et al. 2007. Dioxin, furans and polycyclic aromatic hydrocarbons emissions from a hospital and cemetery waste incinerator. **Atmospheric Environment**, 41(38):8527-8536.
- NECKEL, A. et al. 2017. Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: a proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 9(2):216-230.
- OLIVEIRA, Í. M. et al. 2013. Análise de peças anatômicas preservadas com resina de poliéster para estudo em anatomia humana. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, 40(1):76-80.
- PACHECO, A. 1986. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. **Revista do Sistema de Planejamento e da Administração Metropolitana**, 4(17):25-31.

- PACHECO, A. 1991. Cemeteries – a potential risk to groundwater. **Water Science and Technology**, 24(11):97–104.
- PACHECO, A. 2000. **Cemitério e meio ambiente**. Universidade de São Paulo: São Paulo, 105p.
- PACHECO, A.; BATELLO, E. 2000. A influência de fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios. **Revista Engenharia e Arquitetura**, 2:32-39.
- PACHECO, A.; MATOS, B. A. 2000. Cemitérios e meio ambiente. **Revista Tecnologias do Ambiente**, 7(33):13-15.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B. 1990. Cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas. **Saneamento Ambiental**, 1(6):31–33.
- ROSA, M. C. V. S.; UCKER, F. E. 2019. Influência do lençol freático na condutividade elétrica e PH em cemitério. **Revista Águas Subterrâneas**, 33(1):1-8
- SANTOS, A. C. 2000. Noções de Hidroquímica. In: F. A. C. Feitosa; J. Manoel Filho (Orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 391p.
- SCHNEIDER, E. L. 2008. **Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 93p.
- SILVA, R. W. da C.; MALAGUTTI FILHO, W. 2008. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 9:26-35.
- SOUZA, R. D. 2017. Qualidade das águas subterrâneas na área de influência de um cemitério na região de Cuiabá-MT. **Enciclopédia Biosfera**, 14(25):1897-2005.
- ÜÇSIK, A. S.; RUSHBROOK, P. 1998. **The impact of cemeteries on the environment and public health, an introductory briefing**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 11p.
- VAN ALLEMANN, S.; OLIVIER, J.; DIPPENAAR, M. A. 2018. A laboratory study of the pollution of formaldehyde in cemeteries (South Africa). **Environmental Earth Sciences**, 77(20):10.
- VAN HAAREN, F. W. J. 1951. Cemeteries as sources of groundwater contamination. **Water**, 35(16):167-172.
- WILLIAMS, A. 2009. Environmental considerations for common burial site selection after pandemic events. In: K. Ritz; L. Dawson; D. Miller (Eds.). **Criminal and environmental soil forensics**. Dordrecht: Springer, p. 87-101.
- XAVIER, J. L. N. 2012. **Aplicação de técnicas eletroquímicas na degradação de poluentes orgânicos aromáticos refretários**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 137p.
- ŻYCHOWSKI, J. 2012. Impact of cemeteries on groundwater chemistry: a review. **Catena**, 93:29-37.
- ŻYCHOWSKI, J.; BRYNDAL, T. 2014. Impact of cemeteries on groundwater contamination by bacteria and viruses – a review. **Journal Water & Health**, 13(2):285-301.