



Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Caracterização hidrogeológica de áreas de atividades cemiteriais – Estudo de caso

Hydrogeological characterization of cemetery areas - Case study

Flávia Cauduro¹, Christiane Ribeiro Müller², Guilherme Tramontin de César Cavalari³ ✉

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

³ Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina.

✉ flavia.cauduro@unesc.net, christiane@unesc.net, guilherme_tra@hotmail.com.

Resumo

Cemitérios são locais onde pessoas são sepultadas; a maioria da população não vê estes locais como possíveis poluidores ambientais. Nestes locais ocorre a decomposição da matéria orgânica que gera um resíduo viscoso, castanho-acinzentado e com forte odor, o necrochorume, possível poluidor do solo que pode facilmente ser transportado pelas águas pluviais e contaminar os lençóis freáticos com vírus, bactérias e protozoários proliferando doenças como febre tifoide, febre amarela, cólera, entre outras. Neste cenário, o objetivo deste estudo é caracterizar solos de duas áreas de atividades cemiteriais localizados no estado de Santa Catarina. O desenvolvimento do estudo considerou ensaios in situ e laboratoriais de caracterização geotécnica. Os resultados apresentaram índice alto a extremo de vulnerabilidade dos mananciais, coeficientes de permeabilidade em desacordo com Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº 368/2006, presença de matéria orgânica no solo, tempo de trânsito no solo insuficiente para reter os microrganismos presentes no necrochorume e classificação HRB (Highway Research Bord) dos solos inadequada para locais com atividade cemiterial. A análise dos resultados sugere que o solo e o manancial das áreas estudadas apresentam provável contaminação por necrochorume.

Palavras-chave:

Contaminação cemiterial.
Transporte de contaminantes.
Contaminação ambiental.

Keywords

Cemetery contamination.
Transport of contamination.
Environmental contamination.

Abstract

Cemeteries are places where people are buried; most of population do not see these sites as potential environmental polluters. There are in these sites decomposition of organic matter that generates a viscous, grayish and odorous residue, burial plume, possible soil polluter that can easily be transported by the rainwater and contaminate the water table with virus, bacteria and protozoa proliferating diseases such as typhoid fever, yellow fever, cholera, among others. In this scenario, the aim of this study is to characterize soils of two areas of cemeteries located in Santa Catarina. Development of the study considered in situ and laboratory tests of geotechnical characterization. Results presented high to extreme vulnerability index of the sources, permeability coefficients in disagreement with the National Council of the Environment Resolution nº 368/2006, presence of organic matter in the soil, insufficient soil transit time to retain the present microorganisms in necrochorume and HRB (Highway Research Bord) classification of soils unsuitable for sites with cemeterial activity. Analysis of the results suggests that soil and water of the studied areas present probable burial plume contamination.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i2.29523>

1. INTRODUÇÃO

Desde a Idade Média, cercados de crenças e religiões, os cemitérios existem por todo o mundo (Kemerich et al., 2014). Inúmeras epidemias ocorreram na história da humanidade, como a febre tifoide, febre amarela, hepatite A, entre outras, a maioria destas disseminada, principalmente, pela falta de higiene e saneamento. No século XVIII, em águas nas proximidades de Berlim e Paris, houve registros de vetores de febre tifoide, provenientes de cadáveres vitimados pela doença, o que contribuiu para a proliferação da doença nessas regiões (Cauduro & Silva, 2018).

Fatores extrínsecos aos cemitérios e suas atividades também influenciam à probabilidade de ocorrer contaminação ambiental. Com base em estudos de casos, onde foram contados o número de bactérias presentes nas águas subterrâneas de áreas de atividade cimiterial, foi possível observar que países de clima quente e úmido, como o Brasil, República da África do Sul e Portugal, o número de bactérias contabilizado foi maior. A contaminação significativa do meio ambiente nestes países é proveniente dos períodos prolongados de precipitação que promove o transporte de microrganismos em distâncias superiores a 100 m e, assim, propagam a contaminação (Zychowski, 2014).

O risco epidemiológico dos cemitérios conduziu a sociedade a uma mudança na forma e local de sepultamento. Os cemitérios particulares foram fechados e os restos mortais transferidos para um único local, o cemitério central da comunidade ou cidade (Kemerich, et al., 2014).

Atualmente, segundo o CONAMA Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, art. 2º, há alguns tipos de cemitérios: horizontais que se localizam em áreas descobertas e são considerados tradicionais; verticais, localizados em edifícios de um ou mais pavimentos; parque ou jardins, sem túmulos e recoberto por gramíneas; e há ainda os cemitérios destinados ao sepultamento de animais.

Os cemitérios são poluidores ambientais pouco lembrados pela população, Pacheco (2000) classificou os impactos ambientais, nestes locais, como físico de ordem primária e secundária. O impacto físico primário compreende principalmente a contaminação das águas subterrâneas por microrganismos gerados nas necrópoles e o impacto físico secundário se dá pela geração de maus odores provenientes da decomposição da matéria orgânica.

No Brasil há resoluções e decretos-lei que determinam requisitos mínimos para a instalação de cemitérios horizontais. O estado de Santa Catarina com o Decreto nº 30.570, de 14 de outubro de 1986, art. 4º, inciso V, informa que o nível do lençol freático deve estar no mínimo a 2 m de profundidade, e que se houver problemas em relação às condições das sepulturas o nível deve ser rebaixado. No mesmo Decreto, art. 5º, anuncia que estudos especializados devem comprovar que o solo e o nível do lençol freático estão adequados para receber cemitérios.

Na Resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, art. 5º, inciso I e II, caso as sepulturas não atendam a distância de 1,5 m do lençol freático, as mesmas devem ser feitas acima do nível do terreno. No inciso III do mesmo artigo é previsto para os solos constituídos por materiais com coeficientes de permeabilidade superior a 10^{-5} cm. s⁻¹, necessidade que o nível inferior dos jazigos esteja 10 metros acima do nível do lençol freático.

No inciso IV, do artigo 5º, da Resolução CONAMA nº 335, é informado que a área de sepultamento deve obedecer a um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério. Ainda neste artigo, §1º, inciso I, o indicado é que o cemitério tenha uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, e que cabe ao órgão licenciador definir a mesma. Contudo, o Estado de Santa Catarina no Decreto nº 30.570, art. 4º, inciso III, delimita a distância segura como sendo de 15 m no mínimo de logradouros públicos abastecidos com água e de 30 m no mínimo para zonas sem rede pública de abastecimento de água, essa distância sendo em todo o perímetro do cemitério.

Os estudos do comportamento do solo e da água são de extrema importância no que se referem à Engenharia Civil. Os dois estão ligados frequentemente, de acordo com Pinto (2006) “a água ocupa a maior parte ou a totalidade dos vazios do solo”, sabendo disso é correto afirmar que havendo poluição no solo é provável que o mesmo contamine a água, a menos que se tomem as medidas cabíveis para evitar tal contaminação.

Nos cemitérios a geração de microrganismos, a partir de resíduos cadavéricos, é uma das fontes de contaminação. Segundo Garcia & Bassinello (2007) os microrganismos estão em todos os lugares, se multiplicando, invisíveis, pois não podemos visualizá-los a olho nu. Conseqüentemente o transporte das bactérias (geradoras de doenças) no lençol freático é facilitado e se torna impossível a detecção dos mesmos sem efetuar ensaios com o solo e a água.

Outra fonte proveniente da decomposição dos corpos é o necrochorume. Este possui uma aparência viscosa, castanho-acinzentada, odor forte e é composto de uma porcentagem maior de água, seguida de sais minerais e substâncias orgânicas. O necrochorume é um poluidor do solo, no entanto, com as chuvas o mesmo é transportado, podendo alcançar o lençol freático que tende a subir seu nível em períodos chuvosos, facilitando e aumentando as chances de contaminação do lençol freático. Ambas as fontes estão contaminando as águas subterrâneas, e conforme indica Matos (2001) “se a água for captada por poços, quem fizer uso da mesma, corre, eventualmente, riscos de saúde, pois este recurso pode veicular doenças como a febre tifoide, paratifoide, cólera e outras”.

Os tipos de solo e sua permeabilidade são de extrema importância ao tratar da contaminação dos lençóis freáticos. “Ainda, sabe-se que solos muito permeáveis como areia, cascalho e rochas não são indicados por facilitarem a passagem dos fluidos contaminados.” (TORMEN; TASSO; KORF, 2016). Totalmente o contrário do solo argiloso que retém água, sendo impermeável e ainda segundo Üçisik & Rushbrook (1998) apud Floriani (2013), “Solos argilosos com grande área superficial específica e alta capacidade de troca de cátions (CTC) são os mais adequados por maximizar a retenção de líquidos humorosos e metais pesados”.

O desenvolvimento deste estudo visa caracterizar propriedades hidráulicas e geológicas de solos de atividades cemiteriais provenientes de duas distintas áreas da região Sul de Santa Catarina. Com base no contexto descrito os objetivos específicos são: classificar os solos das áreas do estudo; determinar a vulnerabilidade dos aquíferos das áreas; promover debates, pesquisas e interesse na área da contaminação ambiental provocada pela atividade cemiterial; e sensibilizar civis, poder público e gestores desta área sobre os problemas de ordem sanitária e ambiental envolvidos neste ato cultural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

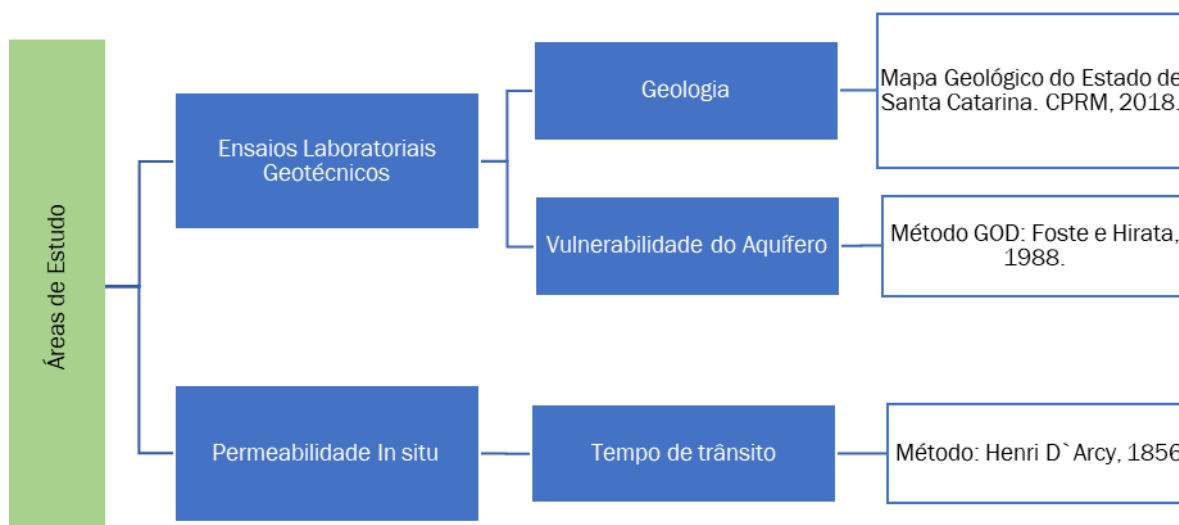
As áreas de estudo deste trabalho compreendem dois cemitérios da região sul do Estado de Santa Catarina.

Cemitério A: cemitério público, em atividade e administrado por uma empresa privada. Cemitério tipo jardim, ou seja, os sepultamentos são realizados em cota inferior a cota do terreno local em uma sepultura de alvenaria, não há construções no local e o solo é coberto por grama. Área territorial de 8.278,41 m², a 46 metros do nível do mar e distante, horizontalmente, 7 metros do curso da água mais próximo.

Cemitério B: cemitério público, em atividade e localizado em área rural. Cemitério do tipo horizontal tradicional, com sepulturas construídas em alvenaria em cota superior ao solo local. Área territorial de 2.145,27 m², a 42 metros do nível do mar e distante, horizontalmente, 5 metros do curso da água mais próximo.

O Fluxograma 1 esboça as etapas, quadros azuis, do desenvolvimento deste estudo e as metodologias, quadros brancos, adotadas em cada etapa.

Fluxograma 1 – Desenvolvimento do estudo.



Teor de matéria orgânica

Para a determinação do teor de matéria orgânica presente no solo foi utilizado o método de PPI (perda de peso por ignição), o método é realizado a partir da queima da matéria orgânica em forno mufla. A matéria orgânica é considerada a partir da diferença de massa das amostras antes e após a queima.

Caracterização Geotécnica das áreas de estudo

- Ensaio in loco

a) Análise de Permeabilidade do Solo conforme a norma ABNT NBR 13969:1997.

• Ensaio laboratoriais

a) Análise Granulométrica - NBR 7181:2018;

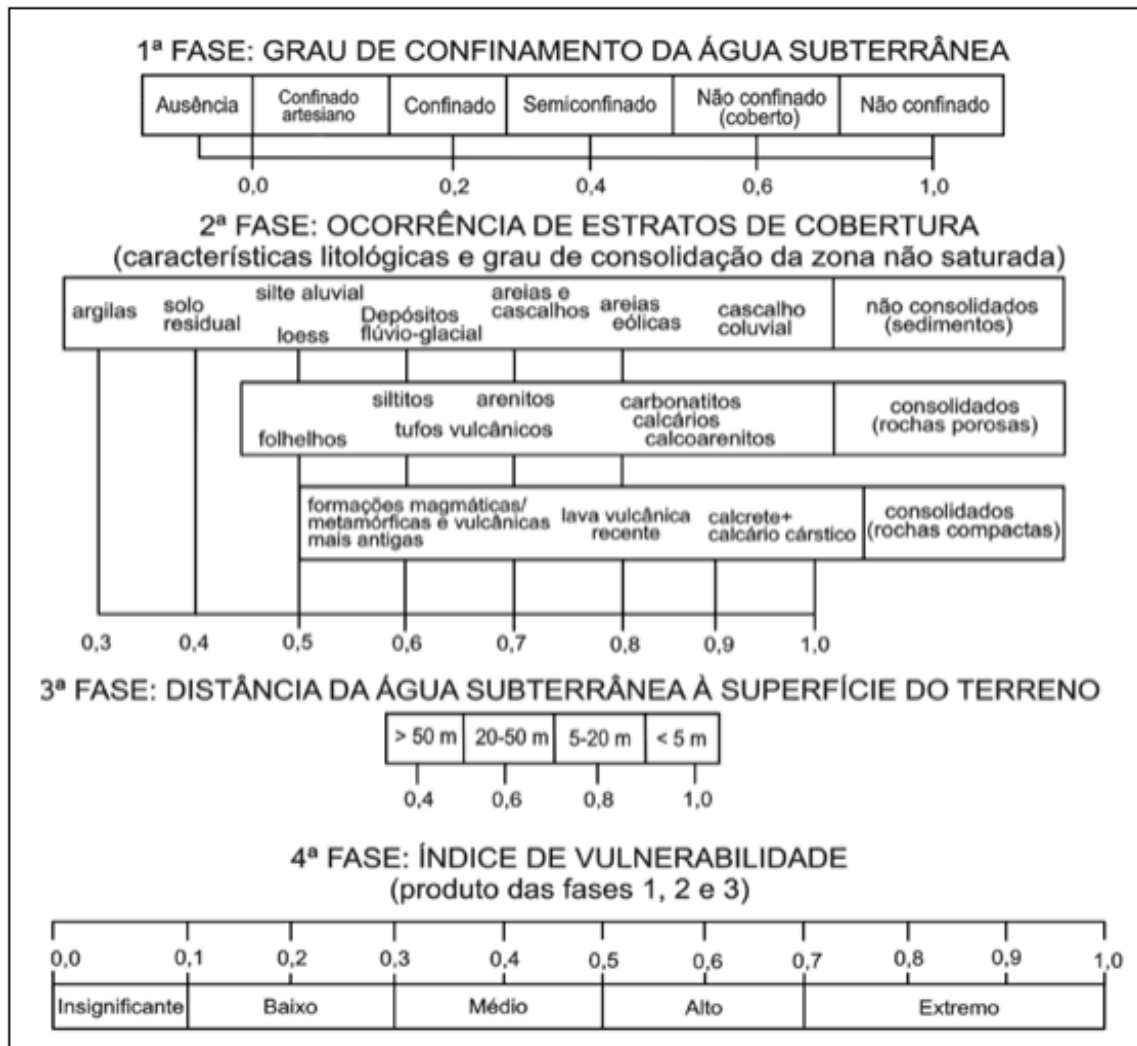
b) Limite de Liquidez (LL) - NBR 6459:2017;

c) Limite de Plasticidade (LP) - NBR 7180:2016.

Vulnerabilidade dos mananciais presentes nas áreas de estudo

Na busca de valores que determinem a vulnerabilidade do manancial foi utilizado o Método de GOD (FOSTER e HIRATA, 1988). O método utiliza os seguintes fatores: G - Grau de confinamento do aquífero; O - Características litológicas e grau de consolidação da zona não saturada, retiradas do Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (CPRM, 2018); e D - Profundidade do nível de água. Estes fatores têm subitens com pesos distintos de acordo com a contribuição dos mesmo para a vulnerabilidade do manancial. Os valores respectivos ao Método GOD são retirados da Figura 1 e multiplicados entre si para definir o índice que varia de 0 - Vulnerabilidade insignificante a 1,0 - Vulnerabilidade extrema.

Figura 1. Fatores do Método GOD.



Fonte: Foster e Hirata, 1988.

Determinação do tempo de trânsito do contaminante no solo

Com a intenção de ter uma previsão sobre quanto tempo os contaminantes levarão para entrar em contato com o lençol freático, foi calculado o chamado tempo de trânsito. O coeficiente utiliza os dados de permeabilidade da área de estudo e a espessura da camada de solo até o lençol freático. O tempo de trânsito é encontrado a partir da equação 1:

$$T_t = \frac{e_c}{k} \quad (1)$$

em que:

Tt = Tempo de trânsito (s);

ec = Espessura da camada de solo (cm);

k = Coeficiente de permeabilidade (cm.s-1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Teor de matéria orgânica

A matéria orgânica é importante para a fertilidade do solo, podendo ser qualquer tipo de material que seja produzido por um organismo vivo, seja ele de animal, vegetal, fungos, etc.

Nas Figuras 2 e 3 são identificados os locais onde foram retiradas as amostras, sendo os pontos 01 e 02 de cada cemitério se encontram dentro do perímetro dos mesmos. O ponto 03 de ambos os cemitérios é um ponto localizado na parte externa dos cemitérios, ou seja, é o ponto base, com ele é possível basear os índices de matéria orgânica.

Nas Figuras 2 e 3 também está identificado o ponto de água mais próximo do cemitério.

Figura 2. Localização das amostras – Cemitério A.



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

Figura 3. Localização das amostras – Cemitério B.



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 com os teores de matéria orgânica das amostras de cada cemitério.

Tabela 1. Resultados do Teor de matéria orgânica.

Amostra	Teor de Matéria Orgânica (%)	Índice
Cemitério A 01	9,74	Alto
Cemitério A 02	9,24	Alto
Cemitério A 03	5,32	Alto
Cemitério B 01	6,07	Alto
Cemitério B 02	4,97	Médio
Cemitério B 03	4,63	Médio

Na Tabela 1 consta também a classificação dos índices de matéria orgânica para solos, baseado no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Teor de matéria orgânica do solo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Faixa (%)	Índice
≤ 2,5	Baixo
2,6 - 5,0	Médio
> 5,0	Alto

Fonte: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC, 2004.

Conforme a Tabela 1, há diferença significativa do teor de matéria orgânica quando comparados os teores dos pontos internos e externos das áreas de estudo. Os valores internos dos cemitérios, nos dois casos, apresentaram maior percentual de matéria orgânica do que a amostra externa. É observado que os solos da região dos dois cemitérios têm índice médio e alto de matéria orgânica, porém nas amostras coletadas internas ao cemitério o teor é ainda maior.

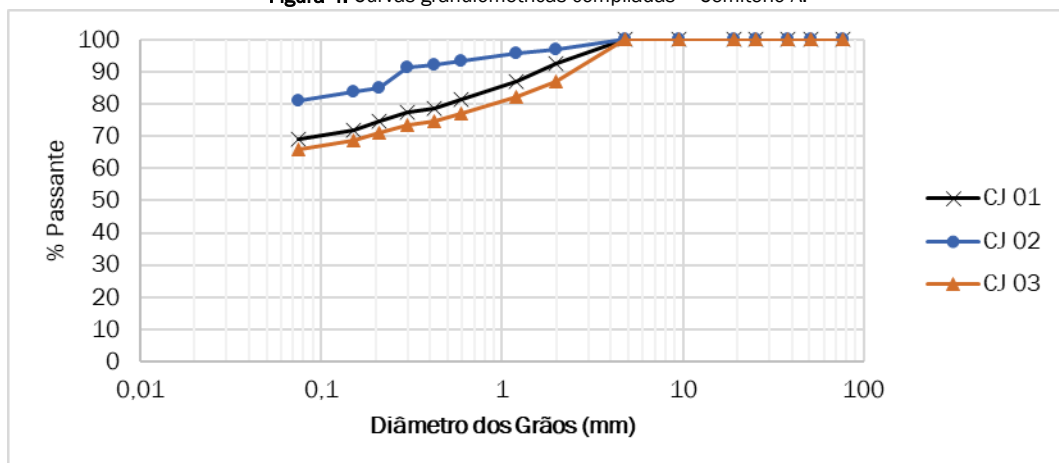
Dutra, Souza e Bem (2015) observaram a mesma situação em seu estudo e concluíram que o aumento do teor de matéria orgânica na área interna do cemitério corresponde, possivelmente, a contaminação ambiental por necrochorume proveniente do processo de decomposição dos cadáveres.

Caracterização geotécnica das áreas de estudo

As curvas de distribuição granulométrica das amostras das áreas de estudo estão apresentadas nas figuras 4 e 5.

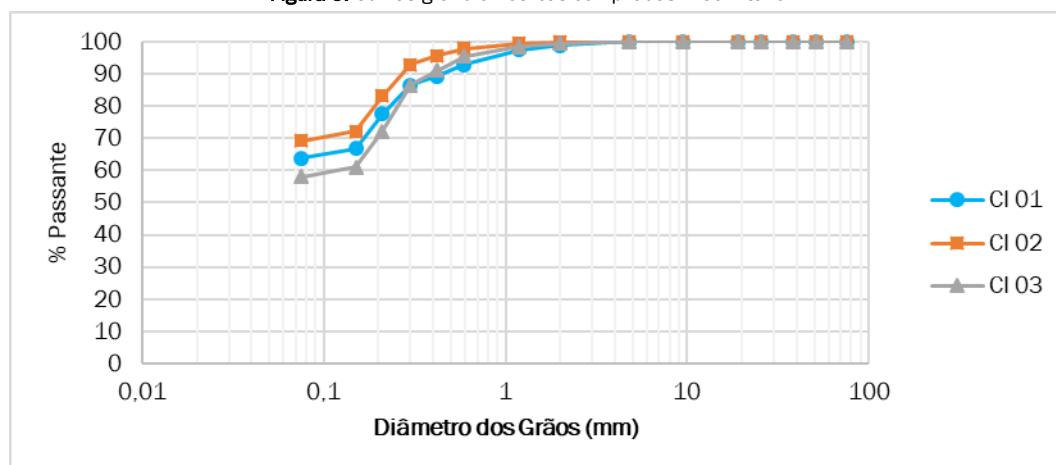
No Cemitério A, amostra 01 apresentou 68,98% de material fino (siltes e argilas), 13,68% de areia média e 9,87% de areia fina. A amostra Cemitério A 02 apresentou a predominância de material fino com 81,15% e a amostra Cemitério A 03, externa ao cemitério, apresentou 66,06% de material fino, 12,29% de areia média e 8,73% de areia fina.

Figura 4. Curvas granulométricas compiladas - Cemitério A.



No Cemitério B, a amostra 01 apresentou 63,88% de material fino e 25,40% de areia fina. A amostra Cemitério B 02 apresentou 69,18% de material fino e 26,57% de areia fina, já a amostra Cemitério B 03, externa ao cemitério, apresentou 58,10% de material fino e 33,05% de areia fina.

Figura 5. Curvas granulométricas compiladas – Cemitério B.



Nas tabelas 3 e 4 estão os resultados das avaliações de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP), Índice de Plasticidade (IP) e a Classificação do solo HRB dos dois cemitérios.

No Cemitério A, amostra 01 obteve LL e LP respectivamente de 35% e 25% o que equivale a um IP de 10% considerado de média plasticidade, sendo o IP inferior a 5,92% ao valor observado na amostra 02, também considerado média plasticidade. Os valores de LL e LP nessa amostra foram de 59,58% e 43,66% respectivamente. A amostra 03 apresentou um LL de 43,66% e LP de 34,66% com um IP de 9%, considerado baixa plasticidade. Com base nos resultados as amostras deste cemitério apresentam solo de baixa a média plasticidade.

Tabela 3. Resultados de índices de consistência e classificação dos solos – Cemitério A.

Parâmetro	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
LL (%)	35	59,58	43,66
LP (%)	25	43,66	34,66
IP (%)	10	15,92	9
Classificação HRB	A4	A7-5	A5

No Cemitério B, a amostra 01 obteve LL de 31,57% e LP de 24,94% com um IP de 6,63%, considerado de baixa plasticidade. A amostra 02 apresentou LL e LP de 41% e 26% respectivamente sendo o IP superior a 8,34% ao valor observado na amostra 01, considerado de média plasticidade. Os valores de LL e LP na amostra 03 nessa amostra foram de 28% e 22,54%, respectivamente, e o valor de IP foi de 5,46%, considerado de baixa plasticidade. Com base nos resultados as amostras apresentam um solo de baixa a média plasticidade.

Tabela 4. Resultados de índices de consistência e classificação dos solos – Cemitério B.

Parâmetro	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
LL (%)	31,57	41	28
LP (%)	24,94	26	22,54
IP (%)	6,63	15	5,46
Classificação HRB	A4	A7-6	A4

Com a classificação do solo HRB, podemos classificar o solo presente em cada uma das amostras das áreas de atividade cimiteriais. No Cemitério A, as amostras 01 e 03 foram classificadas como A4 e A5 respectivamente, se caracterizando em direção a um solo de condição arenosa. A amostra Cemitério A 02 foi classificada como A7-5, ou seja, um material mais argiloso em relação às duas amostras anteriores.

No Cemitério B, as amostras 01 e 03 obtiveram a mesma classificação, A4. A amostra Cemitério B 02 obteve uma classificação A7-6, que é considerada de um solo mais argiloso em relação às duas amostras anteriores.

Vulnerabilidade dos mananciais presentes nas áreas de estudo

Ao tratar sobre contaminação é comum estudar a vulnerabilidade à poluição do solo. Segundo Lobo Ferreira (1998) não há um conceito completo definido sobre o que seja a vulnerabilidade em relação às águas subterrâneas, mas poderia ser representado como “risco de poluição”. Para Auge (2004) a vulnerabilidade está relacionada ao risco de deterioração de certas substâncias que venham gerar contaminação.

Com base na Figura 1 foi obtido o índice de GOD de vulnerabilidade do manancial presente em cada cemitério do estudo, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Índice GOD – Vulnerabilidade do manancial.

Local	Grau de Confinamento	G	Características Litológicas	O	Distância do nível da água	D	Índice de Vulnerabilidade	Classe de Vulnerabilidade
Cemitério A	Não confinado	1	Q2a - Depósitos Aluvionares	0,7	< 5m	1	0,7	Alto-Extremo
Cemitério B	Não confinado	1	Q2fl - Depósitos Flúvio-Lagunares	0,7	< 5m	1	0,7	Alto-Extremo

Os mananciais próximos aos cemitérios estudados não apresentam confinamento, sendo classificados como “não confinado” em ambas áreas de estudo, portanto os dos mananciais têm índice de 1 para o fator G.

Os dois locais de estudo apresentam características litológicas parecidas. Conforme nomenclatura do Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (CPRM, 2018), o Cemitério A é um Q2a característicos por serem compostos de solos de areais grossas a finas, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos; e o Cemitério B, o Q2fl são areiais e lamias lagunares, com restos orgânicos vegetais, interdigitados com cascalho e areais grossas a finas da sedimentação fluvial. Conforme Figura 1, ambos os solos foram classificados como não consolidados (sedimentos) e areia e cascalho, portanto os dos mananciais têm índice de 0,7 para o fator O.

A distância do nível da água, ou seja, a profundidade do lençol freático, compreende o mesmo intervalo para ambas áreas de estudo, intervalo de 0 a 5 metros de distância. Com isso os dos mananciais têm índice de 1 para o fator D.

Com base nos fatores determinados, o índice de vulnerabilidade para ambos cemitérios é de 0,7 em uma escala de 0-não vulnerável e 1-extremamente vulnerável. Tal constatação mostra que os mananciais estão em uma faixa considerada de alta a extrema vulnerabilidade. Esta situação em ambiente com atividade, o poluente traz altos riscos de contaminação ambiental, com a contaminação do solo e com possibilidade de posterior contaminação do lençol freático. Este risco está relacionado ao não confinamento dos aquíferos onde a profundidade da água é menor que 5 metros e a condição litológica dos solos que indicam que estes locais estejam vulneráveis a muitos contaminantes.

Cauduro & Silva (2018), concluíram em seu estudo de revisão de estudos de casos em cemitérios brasileiros que a litologia local e regional tem efetiva influência na propagação do contaminante necrochorume no solo. Conforme Cutrim & Campos (2010), devem ser criadas áreas de proteção de qualidade de água, para haver um controle mais rigoroso sobre as fontes potenciais de contaminação e prevenir a instalação de novas fontes contaminantes.

Tempo de transporte dos contaminantes no solo

Para definição do tempo de transporte foi necessário determinar previamente a permeabilidade in situ nas áreas de estudo. Assim, foi desenvolvido o ensaio de permeabilidade in situ de acordo com a NBR 13969:1997 e determinado os coeficientes de $1,5152 \times 10^{-2} \text{ cm.s}^{-1}$ para o solo do Cemitério A e $8,197 \times 10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$ para o Cemitério B.

De acordo com art. 5º, parágrafo 1º, inciso III, do CONAMA nº 368/2006, o subsolo de áreas cemiteriais deverá apresentar coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e $10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, considerando o nível mais alto do mesmo. Em solos com maiores permeabilidades, é necessário que o nível inferior das sepulturas esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

Foram utilizadas para o cálculo de tempo de transporte do contaminante as alturas verticais entre sepulturas e lençol freático, definidas por CONAMA nº 368/2006, 1,5 metros ou 10 metros, e Decreto Lei 30.570/1986 do Estado de Santa Catarina, 2 metros. Considerando que na instalação os cemitérios respeitaram estas alturas como as alturas mínimas verticais entre a sepultura e o lençol freático.

Nas tabelas 6 e 7, são apresentados os tempos de transporte do contaminante nos dois cemitérios para as três alturas de camada de solo determinado por lei e resolução.

Tabela 6. Tempo de trânsito – Cemitério A.

	Ec (cm)	k (cm.s ⁻¹)	Tt (s)	Tt (hs)
CONAMA nº368/2006	150	$1,5152 \cdot 10^{-2}$	9.900	2 hs 45 min
	1.000	$1,5152 \cdot 10^{-2}$	66.000	18 hs 20 min
LEI ESTADUAL/SC 30.570/1986	200	$1,5152 \cdot 10^{-2}$	13.200	3 hs 40 min

Tabela 7. Tempo de trânsito – Cemitério B.

	Ec (cm)	k (cm.s ⁻¹)	Tt (s)	Tt (hs)
CONAMA nº368/2006	150	$8,197 \cdot 10^{-3}$	18.300	5 hs 5 min
	1.000	$8,197 \cdot 10^{-3}$	122.000	33 hs 54 min
LEI ESTADUAL/SC 30.570/1986	200	$8,197 \cdot 10^{-3}$	24.400	6 hs 47 min

Um corpo leva cerca de um a dois anos para alcançar a sua decomposição total. Segundo Bello, Neto e Filho (1999), os cadáveres geram um volume médio de 40 litros/cadáver de efluentes provenientes da decomposição, isso nos cinco primeiros meses de sepultamento. E Silva (1995) afirma que um corpo humano produz a cada 1 kg de massa 0,4 a 0,6 litros de líquido com densidade de $1,23\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Com base nos resultados das tabelas 6 e 7, mesmo na condição mais segura, 10 metros de distância entre sepultura e lençol d'água, o necrochorume alcança o lençol freático rapidamente. No Cemitério A em 18 horas e 20 minutos e no Cemitério B em aproximadas 34 horas o necrochorume, supostamente, alcança 10 metros de profundidade.

A permeabilidade do solo destas áreas é inadequada para tal atividade e demonstrando valores expressivos de trânsito do contaminante durante todo o processo de decomposição dos corpos.

Os riscos de contaminação do solo e lençol freático são pertinentes nas áreas de estudo. É possível afirmar que a vulnerabilidade dos mananciais de acordo com o Método GOD e com o Tempo de Transporte do necrochorume indicam ter índice alta-extrema.

Ao contrário dos resultados obtidos no estudo de Bello, Neto e Filho (1999), o tempo de transporte dos contaminantes não será suficiente para atuação das bactérias sobre o necrochorume, portanto tal resultado sugere o comprometimento das águas subterrâneas e contaminação ambiental por necrochorume.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo com objetivo de caracterizar áreas de atividade cemiterial perante suas propriedades hidrogeológicas obteve conclusões importantes para o desenvolvimento de futuros estudos nesta temática na região Sul do Estado de Santa Catarina.

As áreas de estudo estão localizadas em APP, Áreas de Preservação Permanente, exercendo uma atividade com alto potencial de contaminação ambiental. Conforme a Resolução CONAMA nº 368, de 2006, art. 3º, §1º, é proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanentes.

As áreas de atividade cemiterial não respeitam a distância mínima horizontal de 15 metros de residências, comércios e indústrias, conforme regulado no art.4º, requisito III, do Decreto Lei nº 30.570/1986 do Estado de Santa Catarina.

Os mananciais presentes nas áreas de estudo possuem alta-extrema vulnerabilidade, segundo o Método GOD.

A permeabilidade dos solos das duas áreas deste estudo está em desacordo com o CONAMA nº 368/2006 que regula a mesma para tais atividades entre 10^{-5} e 10^{-7} $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

O tempo de transporte dos contaminantes no subsolo das áreas estudadas não é suficiente para assegurar a sanidade das águas subterrâneas da contaminação ambiental gerada por necrochorume.

Os teores de matéria orgânica encontrados no solo sugerem contaminação orgânica nas amostras ensaiadas com provável fonte a atividade cemiterial, necrochorume.

Os solos dos dois cemitérios foram classificados segundo a classificação HRB. Cada área de estudo apresentou dois pontos com condição arenosa e um ponto com condição argilosa. Solos classificados como arenosos não são indicados para abrigar áreas cemiteriais. Pacheco (2000) confirma o que foi observado neste estudo ao afirmar que a velocidade que um material infiltra e contamina um solo arenoso é muito maior do que em um solo argiloso, pois estes solos são ineficientes no processo de retenção de microrganismos.

Com base nos resultados e conclusões deste estudo é possível afirmar que há alta probabilidade dos solos e mananciais das áreas deste estudo estejam contaminados por necrochorume.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459:2016 Errata 1: 2017: Solo – Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. *NBR 13969:1997: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- _____. *NBR 7180:2016: Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- _____. *NBR 7181:2018 Solo – Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- _____. *NBR 13600:1996: Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C – Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

AUGE, MIGUEL. *Vulnerabilidade de Aquíferos* Conceptos y Métodos. Buenos Aires. 35p. 2004

BELLO, L.A.L.; NETO, S. F. S.; FILHO, W. M. S. *Avaliação do impacto ambiental pela implantação de um cemitério horizontal na região do Tapanã, Belém - Pará: Estudo geotécnico*. 1999. v. 2. p. 31-42. Belém. Pará.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003*. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>> Acesso em: 18/03/2018.

_____. *Resolução CONAMA nº 368 de 28 de março de 2006*. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=488>> Acesso em: 15/11/2018.

CABKOSINSKI, I.; PBONECZKA-JANECZKO, K.; OSTAPSKA, M.; DUDEK, K.; GAMIAN, A.; RYPUBA, K. *Microbiological Analysis of Necrosols Collected from Urban Cemeteries in Poland*. Hindawi Publishing Corporation. Volume 2015, Article ID 169573, 7 pages.

CAUDURO, F. SILVA, C. Ribeiro. D. *A atividade cemiterial no território brasileiro e o impacto aos recursos hídricos*. São Paulo, SP. 2018.

CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. *Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT) com aplicação dos métodos GOD e POSH*. 2010. v. 29. p. 401-411. UNESP, geociências. São Paulo.

DUTRA, L.A., SOUZA, M., BEM, B.P. *Análise de Ph, matéria orgânica e textura do solo, no cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages-SC*. Instituto Federal de Santa Catarina; Lages SC. 2015.

FLORIANI, G. K. *Teores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn do solo do cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages - SC*. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo - Área: Caracterização, Conservação e Uso dos Recursos Naturais) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós - graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988.

GARCIA, D. M.; BASSINELLO, P.Z. *Treinamento em Boas Práticas para Manipuladores de Alimentos*. 2007. v. 202. 36f. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás.

KEMERICH, P.D.C.; BIANCHINI, D.C.; FANK, J.C.; BORBA, W.F.; WEBER, D.P.; UCKER, F.E. *A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil*. Revista Monografias Ambientais - REMOA. V. 13, N. 5 (2014): Edição Especial LPMA/UFMS.

LOBO FERREIRA. J. P. *Vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas: fundamentos e conceitos para uma melhor gestão e proteção dos aquíferos de Portugal*. 1995.

MATOS, B. A. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo*. 2001. 172 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILLER, A.; WIENS, M. *Cimetières : Distances De Recul Pour Prévenir La Contamination Des Eaux De Surface*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2017. 200-601 West Broadway, Vancouver (Colombie-Britannique) V5Z 4C2.

NECKEL, A., COSTA, C., MARIO, D.N., SABADIN, C.E.S., BODAH, E.T. *Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: a proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl*. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2017 maio/ago., 9(2), 216-230.

PACHECO, A. *Cemitério e Meio Ambiente*. 2000. 105f. Tema livre de docência. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. São Paulo/SP.

PACHECO, A. & RODRIGUES, L. *Groundwater Contamination From Cemeteries Cases Of Study*. Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union 6-10 May 2003. Porto, Portugal.

PETSCH, C.; MONTEIRO, J.B.; BUENO, M.B. *Cemitérios e a questão do planejamento territorial em pequenas bacias: o caso do córrego Sussuí - Engenheiro Beltrão - PR*. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232701/26709>> . Acesso em: 28/10/2018.

PINTO, C. S. *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTA CATARINA. *Decreto nº 30.570, de 14 de outubro de 1986*. Disponível em: < <http://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-30570-1986-santa-catarina-regulamenta-os-artigos-48-49-e-50-da-lei-n-6320-de-20-de-dezembro-de-1983-que-dispoem-sobre-cemiterios-e-afins#>> Acesso em: 19/03/2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina*. Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17996?show=full>> Acesso em: 17/10/2018.

SILVA, L. M. *Os Cemitérios na Problemática Ambiental*. Seminário Nacional 'Cemitérios e Meio Ambiente'. Sao Paulo, 6 June 1995. Books of Abstracts. SINCESP & ACEMBRA, São Paulo, pp. 1-8.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10ª ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

TORMEN, A.F. ; TASSO, C.A. ; KORF, E.P. *Estudo da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios*. 2016. *Persp. Online: exatas & eng. Campos dos Goytacazes*. Disponível em: < https://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/902/836 > Acesso em: 30/03/2018.

ÜÇISIK, A. S., e RUSHBROOK. P. *The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing*. 1998. 11f. Denmark: Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

ZYCHOWSKI J. *Impact of cemeteries on groundwater bacteriological content. An assessment based on the literature review*. IGU Regional Conference, Kraków, Poland 18-22 August 2014.