



**Vulnerabilidade do Aquífero nas Proximidades do
Cemitério Municipal de Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil**
Aquifer Vulnerability in the Proximity of the
Municipal Cemetery Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brazil

Milene Priebe e Silva¹; Leonardo Rosa da Silva¹;
Kelly Andressa Liesenfeld¹; Lucas Martini¹; Pedro Daniel da Cunha Kemerich¹;
Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho² & Gabriel D'Avila Fernandes³

¹ Universidade Federal do Pampa, Av. Pedro Anunciação n° 111,
Vila Batista, 96570000, Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

² Universidade Federal de Santa Catarina,
Campus Reitor João David Ferreira Lima, 88040900, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

³ Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima n° 1000,
Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mails: milene.priebe@gmail.com; leonardorosa.esa@gmail.com; kellyliesenfeld1@gmail.com; martini_lucas@hotmail.com; eng.kemerich@yahoo.com.br; leonidas@qgisbrasil.org; enggabrielfernandes@gmail.com

Recebido em: 15/12/2016 Aprovado em: 10/02/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_206_216

Resumo

Considerando a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos à contaminação, um importante mecanismo para gestão dos recursos hídricos subterrâneos, elaborou-se esta pesquisa. O presente estudo teve como objetivo determinar a vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas nas imediações do cemitério Municipal de Caçapava do Sul-RS, município localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul. A partir de informações geológicas e hidrológicas do local, determinou-se a vulnerabilidade utilizando a metodologia GOD, correspondente a G – groundwater hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table, elaborada por Foster *et al.* (2006). Os resultados demonstraram que este município apresenta grande área vulnerável que abrange, além do entorno do cemitério, o centro da cidade, pois além de encontrar-se sobre um aquífero fraturado, que apresenta níveis freáticos semiafflorantes a aflorantes, o cemitério carece de uma estrutura que impeça possíveis contaminações. Fundamentado por isto, reflete-se a necessidade de uma melhor gestão na implantação de cemitérios em centros urbanos.

Palavras-chave: Necrochorume; Método GOD; Vulnerabilidade da Água Subterrânea; Necrópole

Abstract

Considering the assessment of groundwater vulnerability to contamination in aquifers an important mechanism for management of groundwater resources, this research was developed. The objective of this study was to determine the natural vulnerability to groundwater contamination in the proximity of the Municipal Cemetery of Caçapava do Sul-RS, located in the central region of Rio Grande do Sul state. From geological and hydrological information of the site, vulnerability was determined using the GOD method, corresponding to G - hydraulic groundwater confinement; O - overlaying strata; D - depth to groundwater table (FOSTER *et al.*, 2006). The results showed that this city has a large vulnerable area, which includes, besides the surroundings of the cemetery, the downtown, both one fractured aquifer, which provides water table level as semi outcropping to outcropping, the cemetery requires a structure to prevent a possible contamination. Based on this assumption, it reflects the need for a greater management in the implementation of cemeteries in urban centers.

Keywords: Cemetery leachate; Groundwater Vulnerability; GOD method; Necropolis

1 Introdução

A contaminação dos aquíferos tem se tornado um dos problemas mais preocupantes nas questões de gestão dos recursos hídricos subterrâneos, visto que são considerados reservatórios estratégicos para a humanidade. Para contornar esse problema são adotadas, em várias partes do mundo, principalmente nos países mais desenvolvidos, medidas preventivas, pois uma vez contaminado, a recuperação do aquífero é extremamente difícil e onerosa (Cutrim & Campos, 2010).

Segundo Maia & Cruz (2011) a vulnerabilidade intrínseca de um aquífero é decorrente das propriedades físico-químicas inerentes do meio aquífero que expressa a susceptibilidade hidrogeológica da água ser afetada por contaminantes.

Todos os aquíferos são vulneráveis a médio ou em longo prazo a contaminantes que apresentam características persistentes e móveis, gerados por uma atividade amplamente distribuída em uma região, como é o caso de pesticidas em áreas rurais ou o caso dos cemitérios, ambos representando uma contaminação difusa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada, o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero (Foster & Hirata, 1988).

Os problemas estruturais dos cemitérios podem ser considerados os principais agentes causadores da contaminação do solo e da água subterrânea com patógenos e metais pesados, em virtude de sua aplicação sem prévio estudo ambiental e da má conservação dos túmulos (Kemerich *et al.*, 2014). Túmulos em ruínas ou com rachaduras, problemas causados principalmente pela compactação do solo, por raízes de árvores e pela negligência dos proprietários, também favorecem a contaminação dessas águas (Silva & Malagutti, 2009).

A falta de medidas de proteção ambiental no sepultamento de corpos humanos em covas abertas no solo, ao longo dos últimos séculos, fez com que a área de muitos cemitérios fosse contaminada por diversas substâncias, orgânicas e inorgânicas, e por microrganismos patogênicos. Essa contaminação ocorre quando os cemitérios são implantados em locais que apresentam condições ambientais desfavoráveis (Silva & Malagutti, 2009).

Os cemitérios influenciam na contaminação de águas subterrâneas, principalmente quando não contam com estudos sobre a geologia, hidrologia e saneamento antes de sua implantação. Considerando essa situação, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou, em 3 de abril de 2003, a Resolução nº 335 estabelecendo que todos os cemitérios horizontais e verticais deverão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental.

Para manter a sustentabilidade dos recursos hídricos é necessário conhecer as zonas de maior vulnerabilidade, identificar potenciais contaminações e garantir o monitoramento periódico destas áreas.

A metodologia GOD destina-se ao primeiro passo na avaliação do risco de poluição das águas subterrâneas, e destina-se, também, a priorizar, mas não substituir, ações sistemáticas de monitoramento e inspeção em campo (Foster, 1987).

O presente trabalho teve como objetivo determinar a vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas nas proximidades do cemitério municipal de Caçapava do Sul, com uso da metodologia GOD de Foster *et al.* (2006).

2 Materiais e Métodos

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O cemitério municipal de Caçapava do Sul localiza-se no município de Caçapava do Sul, RS, Brasil, na latitude 30°30'44" S e longitude 53°29'29" O, com altitude de 450 metros acima do nível médio do mar, abrangendo uma área de 3.047,1 km² e com população de 33.650 habitantes (IBGE, 2010).

O local de estudo caracteriza-se por ser um cemitério horizontal tradicional, com sepulturas conhecidas como jazigos, construções pré-existentes, compostos por gavetas onde são sepultados os corpos. Os dados do cemitério foram perdidos devido a incêndio no local de banco de dados, porém, estima-se que há mais de 5 mil corpos sepultados.

Para o cadastramento dos poços que posteriormente foram utilizados no monitoramento foram realizadas visitas às residências próximas ao Cemitério e também, utilizou-se a base de dados do SIAGAS /CPRM.

2.2 Caracterização Geológica

Geologicamente o município de Caçapava do Sul caracteriza-se por situar-se no limite da borda sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná e noroeste do Escudo Sul-Riograndense. Apresenta cobertura por sedimentos cenozóicos, depósitos aluvionares, com presença de areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-arenoso, em calhas de rios e planícies de inundação, além de mais 20 unidades litológicas diferenciadas distribuídas entre a Província Paraná, Bacia do Camaquã e a Província Mantiqueira CPRM (2006). As unidades geológicas encontram-se distribuídas conforme a Figura 1.

As formações geológicas Palermo, Rio Bonito (Grupo Guatá) e Itararé (Grupo de mesmo nome), de idades Permianas, constituem a base dos depósitos sedimentares pertencentes a Província Paraná presentes no município de Caçapava do Sul. A formação Palermo compreende siltitos, siltitos arenosos, arenitos finos a muito finos, folhelhos, lentes de arenito grosso e conglomerados e a formação Rio Bonito é constituída por siltitos, siltitos carbonosos, diamictitos, quartzarenitos e folhelhos carbonosos (Schneider *et al.*, 1974).

As demais litologias aflorantes no município pertencem ao Embasamento Cristalino, Bacia do Camaquã e Província Mantiqueira. A Bacia do Camaquã constitui-se pelos Grupos Guaritas e Santa Bárbara, Cerro do Bugio, Bom Jardim e Maricá.

O Grupo Santa Bárbara é constituído por depósitos conglomeráticos de leques aluviais e deltaicos, arenitos e ritmitos de ambientes costeiros e arenitos e conglomerados de rios entrelaçados (Fambrini, 2003).

A Província Mantiqueira apresenta afloramentos da Suíte Granítica Caçapava do Sul, Formação Arroio Marmeleiro, Formação Arroio Mudador, duas unidades pertencentes ao Complexo Metamórfico Vacacaí: Unidade Metavulcânica e Unidade Metassedimentar.

O Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS), segundo Bitencourt (1983) é um corpo intrusivo com aproximadamente 250km² aflorantes, constituído por sienogranitos a granodioritos, com predominância de monzogranitos e raras ocorrências de tonalitos. O CGCS apresenta foliação,

principalmente nas bordas, definida por forte estiramento de quartzo e feldspato e alinhamento de minerais placóides e prismáticos.

Principalmente no centro do corpo, as rochas do CGCS são bastante fraturadas, sendo comuns falhas normais de direção NW-SE, com planos subverticais e falhas de direção N-NE com deslocamentos laterais, responsáveis pelo desenvolvimento das zonas cataclásticas (Bitencourt, 1983).

O embasamento metamórfico, conforme proposto por Bitencourt (1983), definido como Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF). Os litotipos deste complexo consistem em uma sequência metapelítica (anfíbolitos), seguida por xistos magnesianos, quartzitos e gnaisses quartzo-feldspáticos, com ocorrência restrita de metavulcânicas ácidas (Norte) e grandes lentes de mármore (borda E).

Uma zona com milonitos de aproximadamente 600 m de espessura é caracterizada na borda noroeste do CGCS por Cardoso (2005). Nesta zona, que tem orientação em torno de N10 e acompanha o limite NW do CGCS, predominam rochas miloníticas.

2.3 Determinação da Vulnerabilidade Natural a Contaminação das Águas Subterrâneas

Inicialmente, elaborou-se um banco de dados, com o uso do programa LibreOffice 4.2, conforme a tabela 1, constando as seguintes informações: latitude e longitude (no Sistema de Referência de Coordenadas do tipo Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM, Datum SIRGAS 2000), nível estático e outras informações obtidas em dados de campo e do SIAGAS.

Para a determinação da vulnerabilidade do aquífero (recursos hídricos subterrâneos) à contaminação, utilizou-se a metodologia “GOD” acrônimo em inglês de: groundwater hydraulic confinement – G; overlaying strata – O; depth to groundwater table – D. Esta metodologia foi proposta por Foster *et al.* (2006). A estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD” seguiu as etapas ilustradas conforme a Figura 2.

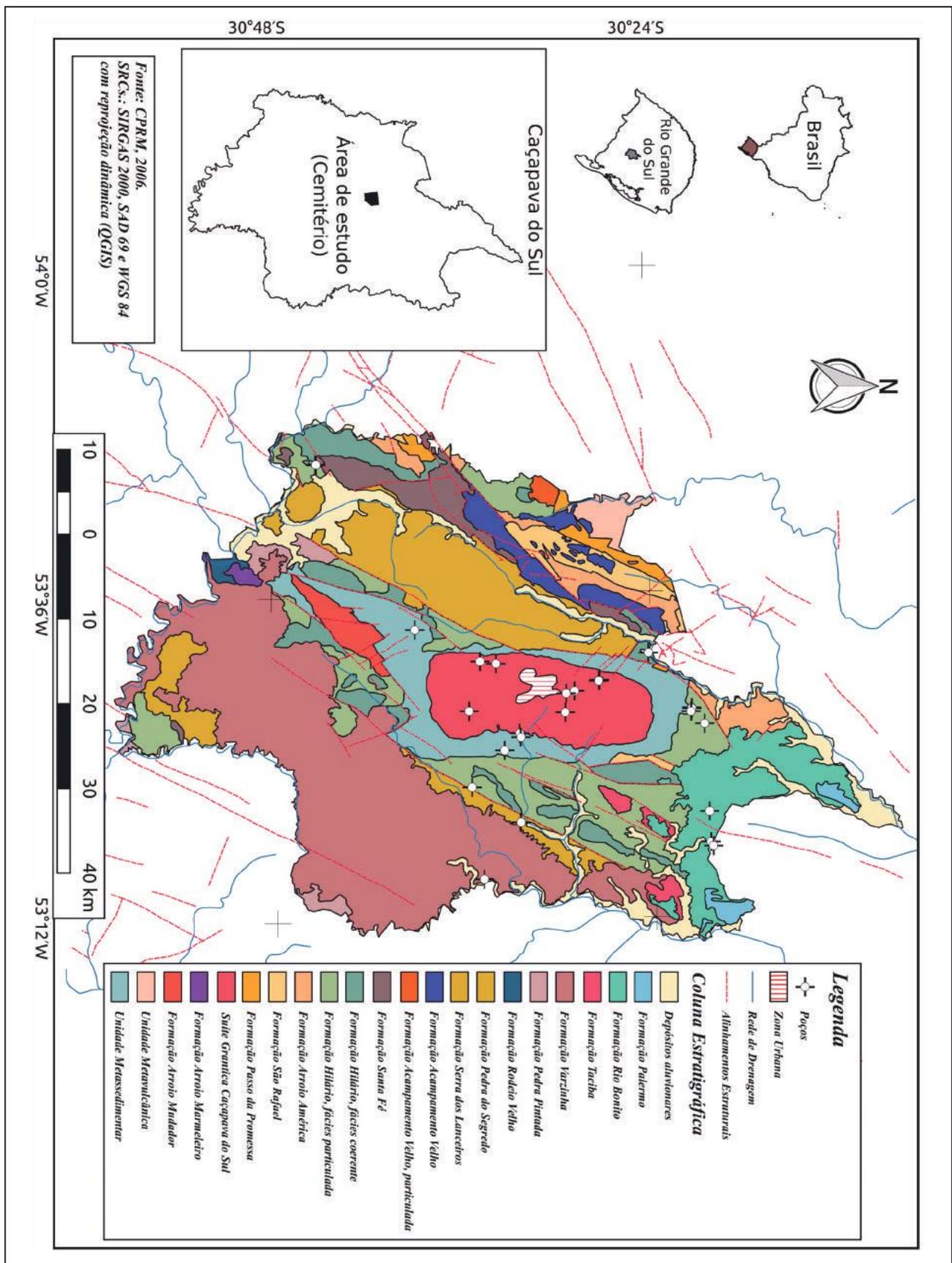


Figura 1 Mapa das unidades litológicas e coluna estratigráfica do município de Caçapava do Sul-RS. Fonte: CPRM (2006).

Identificou-se o grau de confinamento da água subterrânea, atribuindo-lhe um índice entre 0,0 para fluxos ascendentes jorrantes a 1,0 para não confinados. Especificaram-se as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) litologia, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,4 para argilas e solos residuais bem desenvolvidos a 1,0 para calcretes e calcários. Considerou-se a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados ou freáticos) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado (artesiano), assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0.

O índice final integrado da avaliação de vulnerabilidade do aquífero à contaminação pelo método “GOD” é o produto dos valores obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (vulnerabilidade insignificante) até 1,0 (vulnerabilidade extrema) e pode ser observado na tabela 1.

Para identificação de possíveis irregularidades no cemitério foram realizadas observações em campo, caracterizando a disposição dos túmulos, impermeabilização do solo, declividade do terreno, manutenção e gerenciamento dos resíduos conforme preconiza a resolução do CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

3 Resultados e Discussões

A estimativa da vulnerabilidade permitiu a criação da tabela 1, que apresenta a aplicação da metodologia GOD Foster *et al.* (2006), a qual indica o índice de vulnerabilidade e as classes de vulnerabilidade obtidas. A vulnerabilidade do aquífero na área de estudo apresentou altos índices, variando de média a extrema, enquanto trabalhos de Terra *et al.* (2016) no município de São Sepé-RS encontrou-se todas as classes de vulnerabilidade, de insignificante a extrema e Kemerich *et al.*

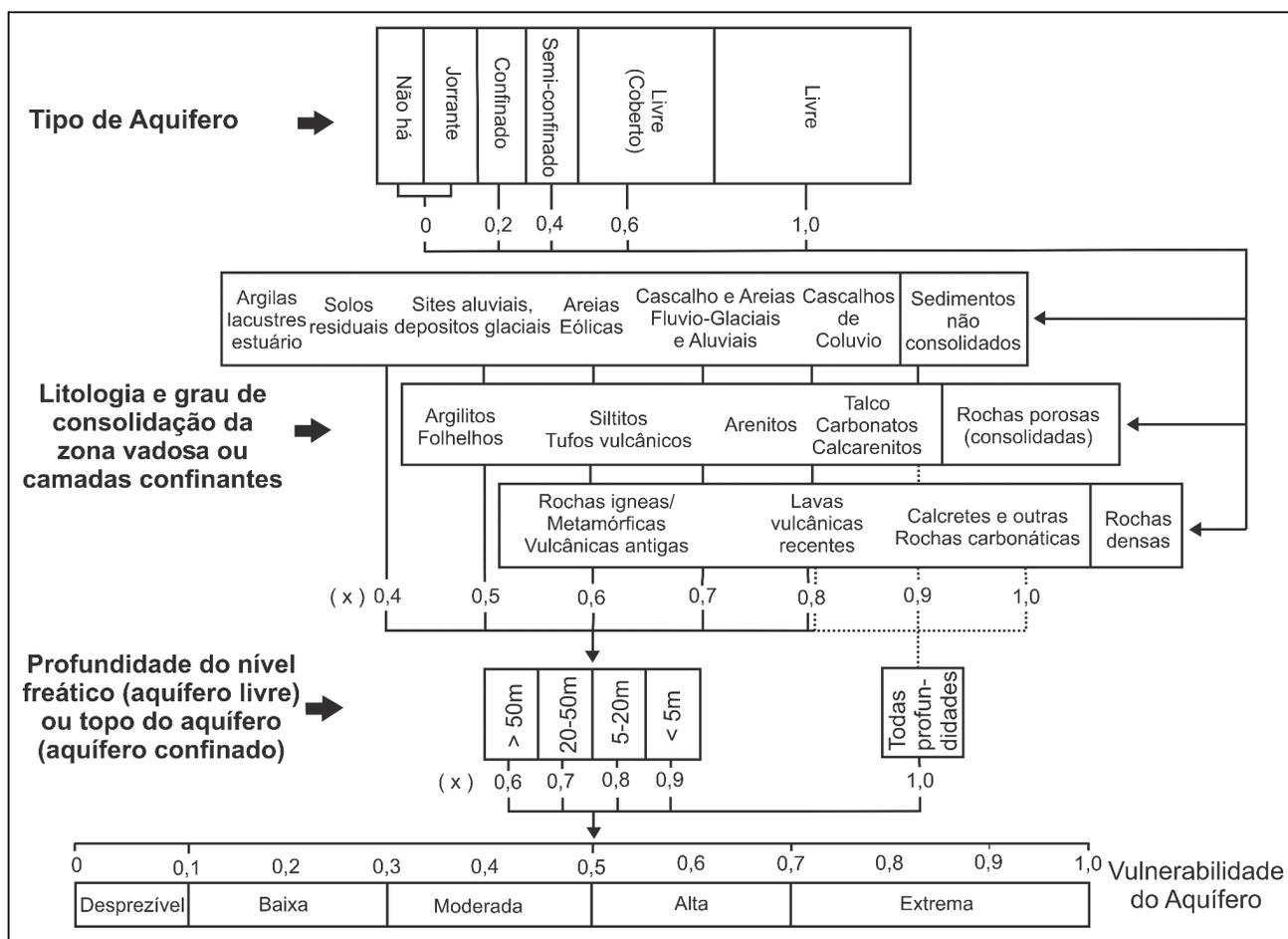


Figura 2 Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero. Fonte: Foster *et al.* (2006).

Vulnerabilidade do Aquífero nas Proximidades do Cemitério Municipal de Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil

*Milene Priebe e Silva; Leonardo Rosa da Silva; Kelly Andressa Liesenfeld; Lucas Martini;
Pedro Daniel da Cunha Kemerich; Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho & Gabriel D'Avila Fernandes*

UTM E	UTM N	Código (43000+)	Cota do terreno (m)	Município	Condição	G	Geologia	O	Nível da Água (m)	D	IV	Vulnerabilidade
260680	6628025	2184	380	Caçapava do sul	Livre	1	Complexo granito-gnaissico	0,9	3	0,92	0,813	Extrema
260720	6628000	2185	360	Caçapava do sul	Livre	1	Complexo granito-gnaissico	0,9	3	0,9	0,81	Extrema
261980	6625126	20715	385	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Complexo granito-gnaissico	0,9	2	0,9	0,73	Extrema
235296	6594815	20716	243	Caçapava do sul	Livre	0,9	Formação Hilário	0,6	18	0,8	0,43	Média
254788	6606400	20757	424	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,8	7,8	0,8	0,51	Alta
258505	6614042	20758	407	Caçapava do sul	Confinado	0,7	Complexo granito-gnaissico	0,6	70	0,6	0,25	Baixa
264391	6612773	20759	384	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,6	14	0,8	0,38	Média
260772	6627946	20760	370	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Complexo granito-gnaissico	0,9	3	0,9	0,73	Extrema
260668	6628031	20761	380	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Complexo granito-gnaissico	0,9	3	0,9	0,73	Extrema
269001	6616940	20762	155	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Complexo granito-gnaissico	0,9	3	0,9	0,73	Extrema
258760	6615918	20763	414	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,8	5,8	0,8	0,51	Alta
284221	6614567	20764	88	Caçapava do sul	Livre	0,9	Grupo Guaritas	0,8	8	0,8	0,58	Alta
273364	6613140	20766	147	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Formação Hilário	0,8	9	0,8	0,51	Alta
264015	6638871	20767	170	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,8	6	0,8	0,51	Alta
264370	6638761	20768	163	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Formação Hilário	0,8	8,6	0,8	0,51	Alta
263921	6638834	20769	167	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Formação Hilário	0,9	2	0,9	0,73	Extrema
266979	6618706	20770	177	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,6	12,7	0,8	0,38	Média
267445	6618845	20771	161	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,8	6	0,8	0,51	Alta
276148	6640954	21428	192	Caçapava do sul	Livre	0,8	Formação Palermo	0,65	77,43	0,6	0,31	Média
280232	6641407	21433	165	Caçapava do sul	Livre	0,9	Formação Rio Bonito	0,7	36,66	0,7	0,44	Média
277491	6618859	21445	175	Caçapava do sul	Livre	1	Grupo Santa Barbara	0,9	1,03	0,9	0,81	Extrema
257449	6633773	22738	88	Caçapava do sul	Confinado	0,8	Complexo granito-gnaissico	0,8	6	0,8	0,51	Alta
262254	6624142	22739	412	Caçapava do sul	Confinado	0,9	Complexo granito-gnaissico	0,9	1	0,9	0,73	Extrema
265799	6640365	22740	124	Caçapava do sul	Livre	0,9	Formação Hilário	0,6	45	0,7	0,38	Média
279768	6641133	23324	165	Caçapava do sul	Livre	0,9	Formação Rio Bonito	0,7	36,66	0,7	0,44	Média
260570	6621656	Poco1	427	Caçapava do sul	Livre	1	Suíte Granítica Caçapava do Sul	1	0,1	0,9	0,90	Extrema
260603	6621643	Poco2	433	Caçapava do sul	Livre	1	Suíte Granítica Caçapava do Sul	1	0	0,9	0,90	Extrema
260786	6621839	Poco3	440	Caçapava do sul	Livre	0,9	Suíte Granítica Caçapava do Sul	0,9	1,5	0,9	0,73	Extrema
260547	6621807	Poco4	436	Caçapava do sul	Livre	1	Suíte Granítica Caçapava do Sul	1	0	0,9	0,90	Extrema

Tabela 1 Banco de dados hidrogeológico com informações referentes às captações avaliadas nas proximidades do cemitério municipal de Caçapava do Sul.

(2010), em um cemitério na cidade de Santa Maria encontrou vulnerabilidade variando de insignificante a baixa, ambos os municípios localizam-se próximos a Caçapava do Sul-RS. Por se tratar de uma área urbana, inspira maiores cuidados frente à alocação de futuras explorações destas águas subterrâneas, bem como, a avaliação dos impactos e eventuais medidas mitigadoras.

O grau de confinamento de água subterrânea (G) para os poços de monitoramento, situados na suíte granítica Caçapava do Sul, foi considerado não confinado ($G_{\text{médio}} = 0,975$), enquanto os poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS o grau de confinamento do aquífero variou, onde 16 poços apresentaram classificação confinado, que de certa forma indica atenuação de contaminantes e menor vulnerabilidade do aquífero. Os outros 9 poços foram classificados como livres ($G_{\text{médio}} = 0,92$), situação que favorece a percolação descendente vertical de contaminantes nestes poços e aquífero associado. As camadas de cobertura dos poços de monitoramento (solos e rochas) receberam nota 0,9 e 1, por apresentar geologia relacionada a Suíte Granítica Caçapava do Sul. A água percola as fraturas com facilidade em um movimento descendente, vertical ou subvertical até atingir com facilidade o nível da água. Dos 25 poços cadastrados no CPRM/SIAGAS, 15 foram classificados como complexo granito-gnáissico ($O_{\text{médio}} = 0,806$) com substratos de origem metamórficas e magmáticas, 1 poço recebeu nota 0,8, sendo grupo Guaritas, formado por rochas siliciclásticas predominantemente arenosas e conglomeráticas, de origem aluvial e eólica, 5 poços, formação Hilário, receberam nota $O_{\text{médio}} = 0,74$ tendo predominância de substrato areia aluvial, 1 poço, formação Palermo, recebeu nota $O = 0,65$, pois possui cobertura predominante de areia eólica, 2 poços, formação Rio Bonito, receberam nota de $O_{\text{médio}} = 0,7$ tendo cobertura de areia aluvial e 1 poço, grupo santa Bárbara, possui cobertura calcareta mais calcário carstico recebendo nota 0,9. A partir destas notas estima-se que estes poços possuem grande facilidade de contaminação do aquífero devido aos tipos de estratos de cobertura que facilitam a infiltração da água. Nos poços de monitoramento o nível estático variou de 0 a 1,5 ($D = 0,9$), o que caracteriza a grande probabilidade de contaminação, pois a espessura de solo entre o lençol freático e a

superfície é muito pequena. Os poços cadastrados no CPRM/SIAGAS apresentaram grande variação nos níveis estáticos, variando de 1,0 a 77,43m, com notas variando de 0,6 a 0,92. A figura 3 ilustra apenas os perfis dos poços cadastrados no CPRM/SIAGAS que apresentaram índice de vulnerabilidade extrema e os respectivos cálculos de vulnerabilidade do aquífero a contaminação através do método GOD Foster *et al.* (2006).

A partir dos dados da metodologia GOD pode-se realizar o mapa de vulnerabilidade à contaminação (Figura 4), onde identifica-se a grande área vulnerável (em azul) que abrange, além do entorno do cemitério, o centro da cidade.

No cenário de contaminação, a vulnerabilidade das águas subterrâneas, que é uma propriedade intrínseca do sistema aquífero, depende da sensibilidade do sistema frente aos impactos antrópicos e/ou naturais, e representa a facilidade ou dificuldade em que um contaminante introduzido na superfície do terreno pode atingir e se difundir no aquífero (Vrba & Zaporozec, 1994). Quando um projeto de recuperação de aquíferos contaminados é pensado, é necessário considerar os altos custos requeridos, as dificuldades operacionais e o tempo necessário para que sejam obtidos resultados satisfatórios. Diante disto, fica evidente enunciar que a implantação de ações preventivas é a maneira mais eficiente para preservação da qualidade natural da água subterrânea.

Neste cenário, a área urbana de Caçapava do Sul, que se encontra sobre um aquífero fraturado/fissural que apresenta níveis freáticos semi aflorantes à aflorantes, refletindo elevada vulnerabilidade das águas subterrâneas.

O cemitério municipal de Caçapava do Sul não é completamente impermeabilizado, e apresenta um poço escavado em sua área (Figura 5), e segundo Kemerich *et al.* (2014) locais de operação impróprios para cemitérios urbanos podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que se proliferam durante o processo de decomposição dos corpos. Caso ocorra a contaminação do aquífero freático na área interna do cemitério, não somente esta área estará potencialmente poluída, mas, sim, áreas arredores, aumentando, assim, o risco de ocorrências de

Vulnerabilidade do Aquífero nas Proximidades do Cemitério Municipal de Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil
 Milene Priebe e Silva; Leonardo Rosa da Silva; Kelly Andressa Liesenfeld; Lucas Martini;
 Pedro Daniel da Cunha Kemerich; Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho & Gabriel D'Avila Fernandes

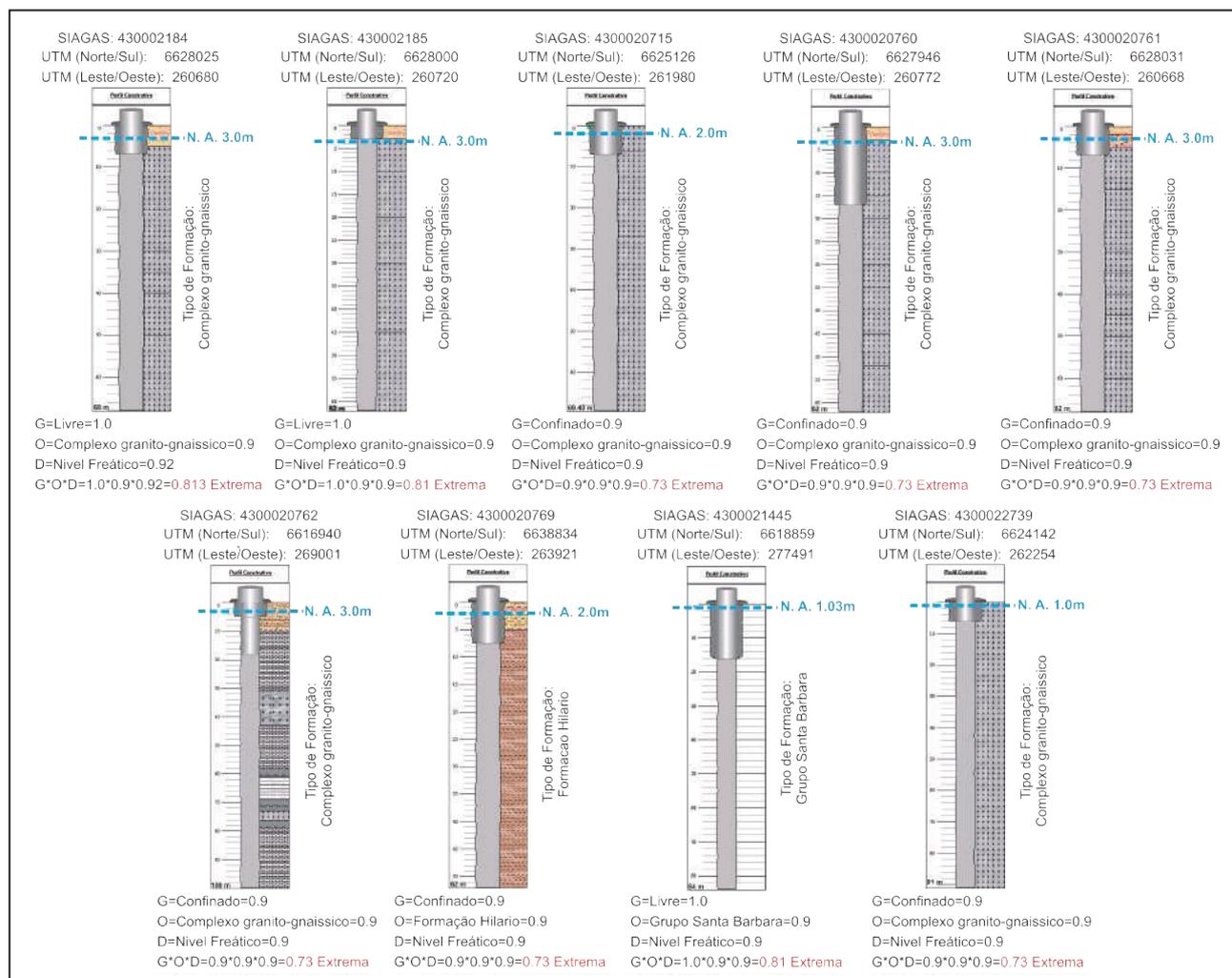


Figura 3 Perfis dos poços cadastrados no CPRM/SIAGAS que apresentaram índice de vulnerabilidade extrema.

doenças de veiculação hídrica nas pessoas que venham a utilizar desta água através de poços rasos.

Outra ameaça produzida por cemitérios é a ineficiente gestão de resíduos, como as vestimentas que envolvem os corpos, incluindo restos de caixões. Esses resíduos, geralmente, são depositados nas proximidades das áreas de sepultamento e, em contato com a água da chuva, podem fazer com que diversas substâncias indesejáveis se infiltrem no solo e, também, atinjam as fontes hídricas (Kemerich *et al.*, 2012). Os resíduos sólidos do cemitério em estudo não apresentam destinação ambiental correta, agravando sua qualidade ambiental e atingindo também a saúde pública (Figura 6).

É hábito cultural humano enfeitar túmulos com vasos contendo flores. Em decorrência, a água

contida nesses vasos pode servir de criadouros aos mosquitos (Natal *et al.*, 1997). Segundo Flauzino *et al.* (2011) o manejo inadequado do lixo e a irregularidade do abastecimento de água são fatores considerados como responsáveis pela manutenção da endemia da dengue, pois podem gerar um grande número de criadouros potenciais do vetor. Desse modo, cemitérios podem colaborar negativamente para o acréscimo de situações de risco.

Conforme a Resolução do CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno, o que muitas vezes não acontece (Figura 7).

O cemitério Municipal de Caçapava do Sul é apenas um exemplo dos cemitérios irregulares existentes no país.

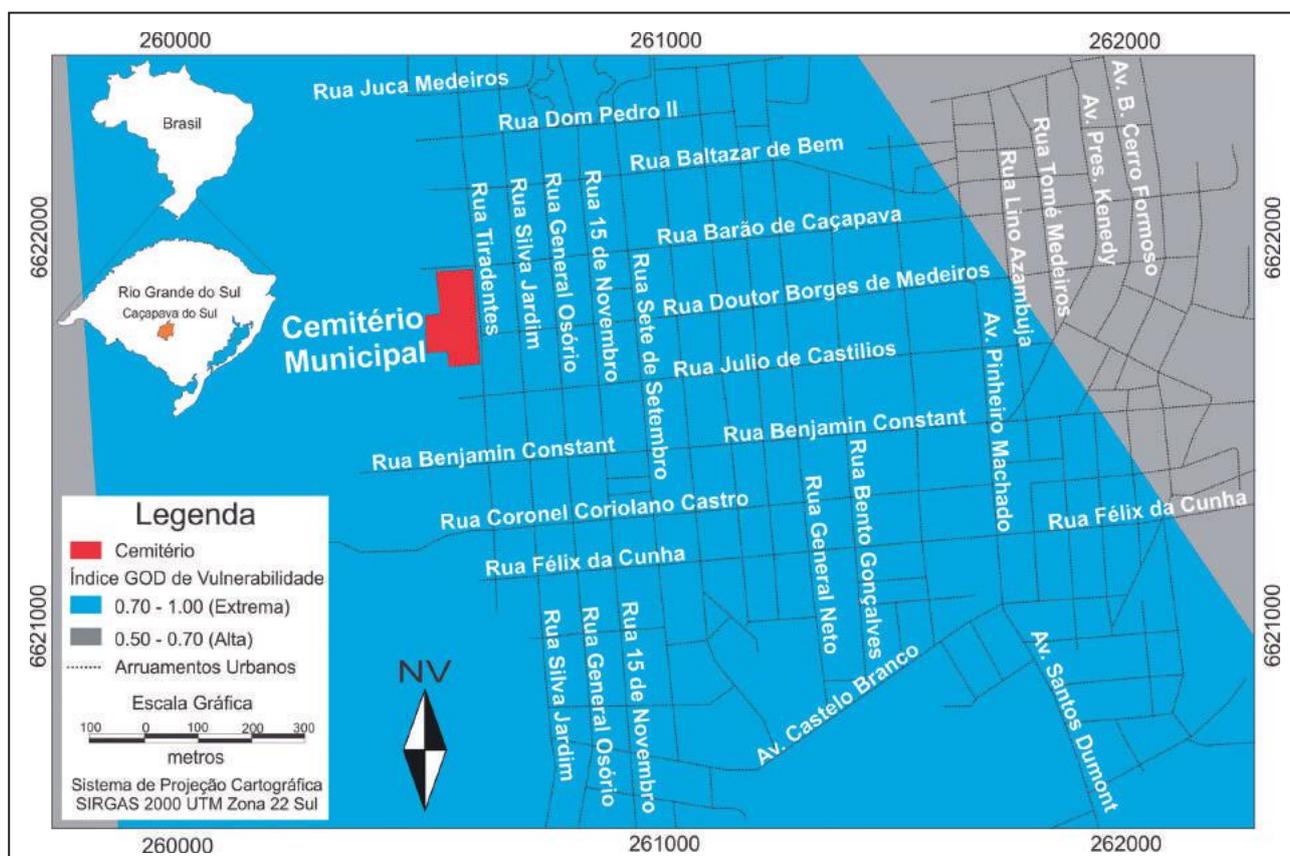


Figura 4 Mapa de vulnerabilidade GOD do cemitério municipal de Caçapava do Sul-RS.

Figura 5 Imagens do cemitério Municipal de Caçapava do Sul-RS (A) Solo sem impermeabilização (B) Poço escavado localizado na área do cemitério Municipal de Caçapava do Sul-RS.



4 Conclusão

Os resultados obtidos com a aplicação da Metodologia GOD demonstram a alta vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea na área ocupada pelo cemitério e em regiões próximas a ele.

Os altos índices de vulnerabilidade identificados neste estudo estão ligados principalmente ao tipo litológico e pelo baixo nível freático existente. Desse modo, contaminantes oriundos do cemitério como o necrochorume ou outra atividade podem causar rápidos impactos e contaminação dos recur-

Vulnerabilidade do Aquífero nas Proximidades do Cemitério Municipal de Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil

Milene Priebe e Silva; Leonardo Rosa da Silva; Kelly Andressa Liesenfeld; Lucas Martini;
Pedro Daniel da Cunha Kemerich; Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho & Gabriel D'Avila Fernandes



Figura 6 Resíduos acumulados no cemitério municipal de Caçapava do Sul-RS (A) Resíduos no local de menor declividade do terreno (B) Resíduos acumulados próximos aos túmulos.



Figura 7 Túmulo localizado abaixo do nível do terreno do cemitério municipal de Caçapava do Sul-RS.

tos naturais se não houver um planejamento e gestão ambiental adequada. Durante a realização deste estudo constatou-se que o Cemitério Municipal de Caçapava do Sul não atende a diversos critérios estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003 agravando o fato de estar em uma área de vulnerabilidade extrema.

Por se tratar de uma área urbana, inspira maiores cuidados frente à alocação de futuras

explorações destas águas subterrâneas, bem como, a avaliação dos impactos e eventuais medidas mitigadoras frente às atividades já existentes.

5 Referências

- Bitencourt, M.F. 1983. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS: Geologia e relações com o corpo granítico. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Porto Alegre: SBG, 1983, p. 37-48.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº

Vulnerabilidade do Aquífero nas Proximidades do Cemitério Municipal de Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil

Milene Priebe e Silva; Leonardo Rosa da Silva; Kelly Andressa Liesenfeld; Lucas Martini;

Pedro Daniel da Cunha Kemerich; Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho & Gabriel D'Ávila Fernandes

- 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res03/res33503.xml>>. Acesso em: 10 Jan. 2016.
- Cardoso, M.D. 2005. *Análise da deformação na borda noroeste do Complexo Granítico Caçapava do Sul*. Curso de graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Trabalho de Conclusão de Curso, 66 p.
- CPRM. 2006. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Mapa geológico do Rio Grande do Sul*, escala 1:750.000. CPRM: Brasília, 2006.
- 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. *Geociências*, 29(3): 401-4011
- Fambrini, G.L. 2003. *O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) a norte do rio Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 293 p.
- Flauzino, R.F.; Santos, R.S. & Oliveira, R.M. 2011. Indicadores Socioambientais para Vigilância da Dengue em Nível Local. *Saúde Soc. São Paulo*, 20 (1): 225-240.
- Foster, S.S.D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*, 38 : 69-86.
- Foster, S.S.D. & Hirata, R.C. 1988. *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. Lima: WHO/PAHO/HPE/CEPIS, 86 p.
- Foster, S.S.D.; Hirata, R.C.A.; Gomes, D.; D'elia, M. & Paris, M. 2006. *Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais*. Groundwater Management Advisory GW.MATE WB. 104p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico/2010. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>> Acesso em: 13 fev. 2016.
- Kemerich, P.D.C.; Bianchini, D.C.; Fank, J.C.; Borba, W.F.; Weber, D.P. & Ucker, F.E. 2014. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. *Revista Monografias Ambientais-REMOA*, LPMA/UFMS, 13(5): 3777-3785.
- Kemerich, P.D.C.; Ucker, F.E. & Borba, W.F. 2012. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. *Scientific American Brasil*, 123: 78-81.
- Kemerich, P.D.C.; Descovi Filho, L.L.V.; Ucker, F.E. & Foletto, C.V. 2010. Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em Santa Maria – RS. *Águas Subterrâneas*, 24(1): 129-141
- Maia, P.H.P. & Cruz, M.J.M. 2011. Um novo método para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 15(2): 29-40.
- Natal, D.; Gonçalves, E.F.B. & Taveira, L.A. 1997. Proliferação de Mosquitos (Diptera, Culicidae) em Cemitérios e Perspectivas de Controle. *IESUS*, VI (2): 104-109.
- Schneider, R.L.; Muhlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais*, 1: 41-65.
- Serviço de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS. 2016. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>> Acesso em: 6 jan. 2016.
- Silva, R.W.C. & Malagutti Filho, W. 2009. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. *Revista Ciência Hoje*, 244 : 24-29.
- Terra L.G.; Schiavo, B.N.V.; Fernandes, G.D.; Borba, W.F. & Silva, J.L.S. 2016. Estimativa da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero no município de São Sepé- RS. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, 15(1): 85-93
- Vrba J. & Zaporozec A. 1994. *Guidebook on mapping groundwater vulnerability*. (International contributions to hydrogeology). Germany, Heise Hannover. 156 p.