

INFLUÊNCIA DOS CEMITÉRIOS NA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM SANTA MARIA - RS

INFLUENCE OF CEMETERIES ON GROUNDWATER CONTAMINATION IN SANTA MARIA - RS

Pedro Daniel da Cunha Kemerich¹, Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho², Fernando Ernesto Ucker³,

Cristian Vargas Foletto Correo⁴

RESUMO Preocupando-se com as possíveis consequências que os cemitérios podem acarretar ao meio ambiente, este trabalho tem por objetivo avaliar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação em áreas sob a influência de cemitérios no município de Santa Maria, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O trabalho foi realizado levando-se em conta os quatro principais cemitérios do município. Para a determinação da vulnerabilidade foi utilizada a metodologia “GOD” (G – groundwater hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table), elaborada por Foster *et al.*, (2006). A vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea variou de insignificante a baixa em todos os cemitérios. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que todos os cemitérios na cidade de Santa Maria – RS localizam-se em áreas cuja vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea variou de insignificante a baixa. Tais fatores naturais associados à utilização de métodos construtivos corretos conforme disposto na Resolução 368/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente dos cemitérios podem auxiliar na manutenção da qualidade ambiental, não expondo as comunidades próximas a riscos de contaminação por necrochorume.

Palavras-chave: vulnerabilidade natural, necrochorume, GOD, aquífero.

ABSTRACT Worrying about the possible consequences that cemeteries may result on the environment, this study aims to assess the vulnerability of the aquifer to contamination in areas under the influence of cemeteries in the city of Santa Maria, located in the central region of Rio Grande Sul, Brazil. The work was carried out taking into account the four main cemeteries in the city. To determine the vulnerability, was used the methodology “GOD” (G – groundwater hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table), prepared by Foster *et al.* (2006). The natural vulnerability to groundwater contamination ranged from negligible to low in all cemeteries. With the results, was concludes that all cemeteries in the city of Santa Maria - RS located in areas where natural vulnerability to groundwater contamination ranged from negligible to low. These natural factors associated with the use of correct methods of construction as provided in Resolution 368/2006 of the Conselho Nacional do Meio Ambiente the cemeteries may assist in maintaining the environmental quality, do not expose nearby communities at risk of contamination by necrochorume.

Keywords: natural vulnerability, necrochorume, GOD, aquifer.

INTRODUÇÃO

A degradação de corpos d'água é hoje um dos temas mais estudados pelas instituições públicas e federais, tendo como causa maior o crescimento desenfreado da população mundial, bem como o uso indevido da água. O intenso uso e exploração dos recursos hídricos, já limitados, nas atividades de produção e consumo estão degradando-os.

Segundo Paiva *et al.* (2001), Segundo Paiva *et al.* (2001), do total de água doce disponível 78,1% encontram-se nas geleiras e 21,5% correspondem aos reservatórios de águas subterrâneas. As águas superficiais são menos de 1% do total onde 0,33% encontram-se nos lagos, 0,035% na atmosfera e 0,03% flui nos rios.

O conceito qualitativo da água é muito mais abrangente do que a caracterização da água pela fórmula H₂O. A água pura é um líquido incolor, inodoro, insípida e transparente, porém nunca é encontrada no seu estado de absoluta pureza, por ser considerada um solvente univer-

sal, contém várias impurezas como algas, areia, argilas, minerais e compostos orgânicos. Esta solubilidade é aumentada pela solubilização de dióxido de carbono existente na atmosfera e no solo como resultado da decomposição de matéria orgânica (VON SPERLING, 1996). A qualidade da água não se refere ao grau de pureza absoluto ou próximo deste, mas sim a um padrão mais próximo possível do natural da água, ou seja, como ela se encontra nas nascentes, antes do contato do homem (Branco, 1991).

Frente às ações antrópicas, os recursos hídricos sofrem grandes degradações e escassez, tornando futuramente as águas subterrâneas como a principal fonte de abastecimento da população. Porém, estas águas estão disponíveis em grandes quantidades apenas em poucos países, sendo o Brasil uma das regiões beneficiadas pela maior reserva de água subterrânea do mundo, o chamado Aquífero Guarani.

Um grave problema dos centros urbanos são os cemitérios, pois estes podem trazer sérias consequências ambientais,

¹ UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, (eng.kemerich@yahoo.com.br).

² UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, (leonprs@gmail.com).

³ UNIFRA - Centro Universitário Franciscano, (ferucker@hotmail.com).

⁴ UNIFRA - Centro Universitário Franciscano, (pdck@pop.com.br).

em particular sobre a qualidade das águas subterrâneas. A infiltração e percolação das águas pluviais através dos túmulos e solo provoca a lixiviação de uma série de compostos químicos orgânicos e inorgânicos através da zona não saturada, podendo alguns destes compostos atingirem a zona saturada e portanto poluir o aquífero. Devido a isto, o monitoramento das águas subterrâneas na vizinhança dos cemitérios é de grande importância nos estudos ambientais.

Depois de morto, o corpo humano começa a se transformar, e passa a ser um ecossistema de populações, formado por artrópodes, bactérias, microorganismos patogênicos destruidores de matéria orgânica e outros, podendo por em risco o meio ambiente e a saúde pública. O corpo humano sofre então a putrefação, que é a destruição dos tecidos do corpo por ação das bactérias e enzimas, resultando na dissolução gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais. Os gases produzidos são H_2S , CH_4 , NH_3 , CO_2 e H_2O . Já o odor é causado por alguns desses gases e por pequena quantidade de mercaptana – substância que contém sulfeto de hidrogênio ligado a carbono saturado. A decomposição pode durar alguns meses ou até vários anos, dependendo da ação do ambiente (Macedo, 2009).

A putrefação dos cadáveres é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos pertencem ao próprio corpo, tais como: idade, constituição física e causa-mortis. Os fatores extrínsecos são pertinentes ao ambiente onde o corpo foi depositado, tais como: temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica do solo e permeabilidade. A contaminação pode atingir as águas subterrâneas através do necrochorume (ROMANÓ, 2009). Ainda segundo o autor, o necrochorume é uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de tonalidade castanho-acinzentada, de cheiro forte e com grau variado de patogenicidade, e é liberada pelos cadáveres em putrefação.

No meio natural o necrochorume decompõe-se e é reduzido a substâncias mais simples e inofensivas, ao longo de determinado tempo. Em determinadas condições geológicas, o necrochorume atinge o lençol freático praticamente íntegro, com suas cargas químicas e microbiológicas, desencadeando a sua contaminação e poluição. Os vetores assim introduzidos no âmbito do lençol freático, graças ao seu escoamento, podem ser disseminados nos entornos imediato e mediato dos cemitérios, podendo atingir grandes distâncias, caso as condições hidrogeológicas assim o permitam.

De acordo com Pacheco (1986), os organismos suscetíveis de transmitir doenças pela água são o *Clostridium* (tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar), *Mycobacterium* (tuberculose), enterobactérias como a *Salmonella* (febre tifóide) e o vírus da hepatite A, sendo que os indicadores de contaminação mais usualmente utilizados são os coliformes, principalmente do grupo dos coliformes fecais ou termotolerantes e os estreptococos. Segundo

Martins *et al* (1991) além destes, outros indicadores têm sido propostos para a avaliação da qualidade das águas, é o caso dos parâmetros físico-químicos pH, condutividade, oxidabilidade, DBO, entre outros, e alguns ions como cloretos, sulfatos, fosfatos, sódio, potássio e cálcio, na medida em que podem indicar uma possível contaminação.

Preocupando-se com as possíveis consequências que os cemitérios podem acarretar ao meio ambiente, este trabalho tem por objetivo avaliar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação em áreas sob a influência de cemitérios no município de Santa Maria, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

METODOLOGIA

Caracterização geológica e hidrogeológica de Santa Maria – RS

O Perímetro urbano de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, está localizado na Depressão Central, transição com o Planalto e, de acordo com Gaspareto (1990), é constituído por rochas sedimentares clásticas pertencentes às Formações Rosário do Sul, Santa Maria, Caturrita e Botucatu, constituída por arenitos, siltitos, argilitos, concreções calcárias (calcretes), além de apresentar, localmente, em algumas dessas formações um conteúdo fossilífero. Além dessas apresenta rochas vulcânicas, Formação Serra Geral, que compõem a parte mais movimentada do relevo, chamado de Planalto.

Em termos hidrogeológicos, Santa Maria apresenta aquíferos, aquícludes e aquíardos Maciel Filho (2007). Os aquíferos mais importantes da área urbana estão relacionados com as Formações Rosário do Sul, Santa Maria Membro Passo das Tropas, e Botucatu, todos associados com arenitos com potencial aquífero, mas nem sempre preenchidos por água e em vezes apresenta-se salobra ou fora dos Valores Máximos Permitidos para consumo humano.

Caracterização dos locais em estudo

Cemitério particular Santa Rita de Cássia

O cemitério Santa Rita de Cássia é um cemitério particular do tipo Parque Jardim, fundado no mês de outubro de 1970 na estrada RS 509, Km 4, número 2969. Possui área de aproximadamente 9,88 ha. Conta atualmente com mais de 6000 sepulturas, recebendo em média 15 corpos por mês.

Cemitério Ecumênico Municipal

O cemitério Ecumênico Municipal foi fundado por volta de 1804 e possui área de aproximadamente 6,52 ha. Localiza-se na avenida 2 de Novembro, número 54, bairro Patronato. São sepultados mensalmente 180 corpos no cemitério, que possui mais de 25000 sepulturas.

Cemitério São José

O cemitério São José pertence ao Município de Santa Maria, foi fundado em 1916 e possui área de aproximadamente 0,46 ha. Está localizado na rua Passo dos Weber, sem número, no bairro Chácara das Flores. São sepultados mensalmente 10 cor-

pos no cemitério, que possui mais de 1500 sepulturas.

Cemitério Jardim da Saudade

O cemitério Jardim da Saudade também conhecido como cemitério Caturrita foi fundado em 1940 e possui área de aproximadamente 1,47 ha. Localiza-se na rua José Barim, sem número, no bairro Caturrita. São sepultados mensalmente cerca de 20 corpos no cemitério, que possui mais de 5000 sepulturas.

Determinação da Vulnerabilidade do aquífero à contaminação

A metodologia “GOD” (G – groundwater hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table), elaborada por Foster *et al.*, (2006), foi uti-

lizada para a definição dos índices de vulnerabilidade das diferentes áreas. A estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD” seguiu as etapas ilustradas conforme a Figura 1.

Inicialmente identificou-se o grau de confinamento hidráulico do aquífero, atribuindo-lhe um índice entre 0,0 a 1,0. Foram considerados confinados obtendo nota 0,2, e aqueles semi-confinados nota 0,4.

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 a 1,0. Utilizaram-se as informações contidas na Carta de Unidades Geotécnicas da cidade de Santa Maria – RS, escala 1:25.000

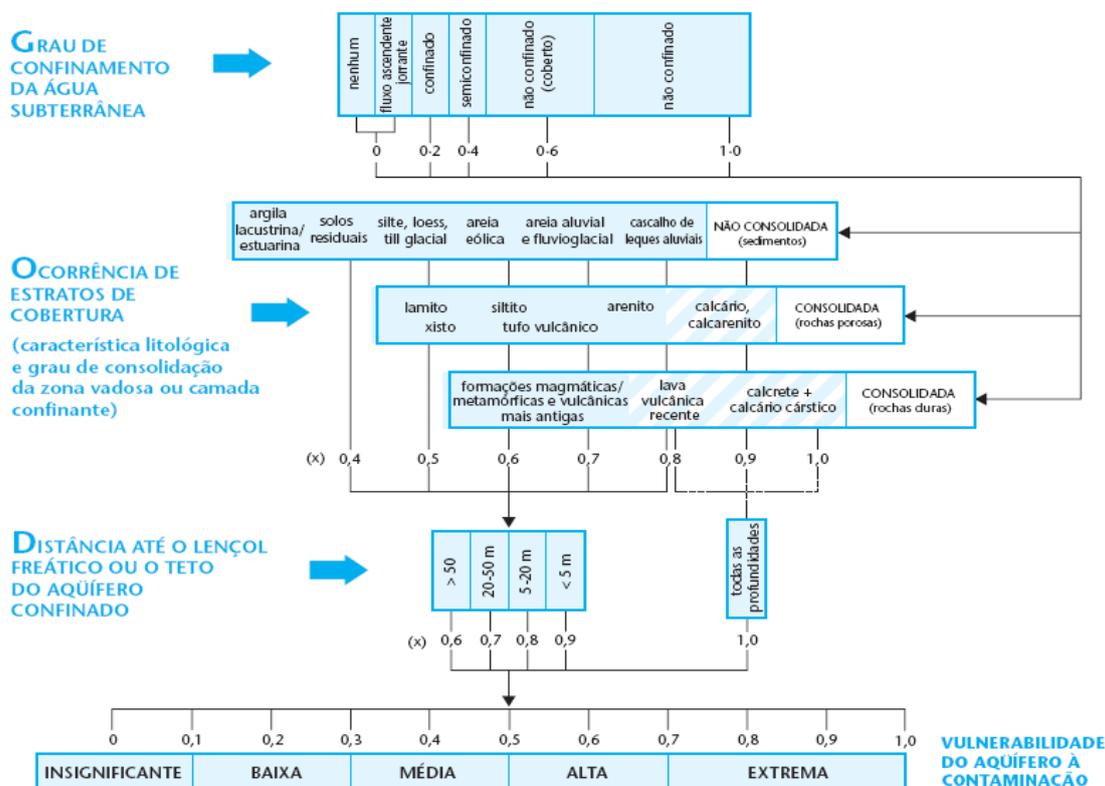


Figura 1. Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero Foster et al (2006).
Figure 1. GOD system for evaluation of aquifer pollution vulnerability Foster et al. (2006).

(MACIEL FILHO, 1990; GASPARETTO *et al.*, 1990; CPRM, 1994). Observando-se a principal ocorrência de afloramentos da Formação Caturrita, constituída por arenitos médios a finos róseos, com estratificação cruzada acanalada e planar, intercalada com siltitos vermelhos, de ambiente fluvial. Esta pode apresentar um comportamento hidrogeológico de aquífero, aquitardos e aquícludes em função do paleoambiente e da posição topo-estrutural.

Estimou-se a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado, assinalando um índice a este parâmetro em uma

escala de 0,6 a 1,0, usando-se trena e/ou freatímetro.

O índice final integrado da avaliação de vulnerabilidade do aquífero à contaminação “GOD” é o produto dos valores obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (insignificante) até 1,0 (extrema). Para espacialização dos dados e construção dos mapas de vulnerabilidade em coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) foi utilizado o programa Surfer 8.0. Utilizou-se o Datum Horizontal SAD-69 e Datum Vertical o Porto de Imbituba-SC, inseridos no fuso 22 que apresenta como meridiano central 51° a oeste de Greenwich. Utilizou-se a krigagem como método de interpolação matemática, que melhor ajustou-se aos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cemitério Santa Rita de Cássia

Nível estático

A Figura 2 apresenta a variação do nível estático na área de influência do cemitério Santa Rita de Cássia, sendo que este variou de 0,48 a 0,95 m nos poços de monitoramento e de 20 a 60 m nos poços tubulares cadastrados no CPRM/SIAGAS. Dessa forma os valores de nível estático apresentam desacordo com a Resolução 368/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que determina que o nível inferior das sepulturas deva estar a uma distância de pelo menos 1,5 m acima do mais alto nível do lençol freático, medido na estação das cheias, o que não acontece no Cemitério Santa Rita por este se tratar de um cemitério do tipo parque jardim, ou seja, isento de construções tumulares acima do nível do solo.

Os valores de cota potenciométrica variaram entre 50 e 127,5 m, com valor médio de 95 m. Todos os poços tu-

bulares cadastrados indicados no cartograma estão sob a influência do cemitério Santa Rita de Cássia, com predomínio do fluxo subterrâneo para a região noroeste.

Vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea

Para a região dos poços de monitoramento o grau de confinamento do aquífero foi considerado confinado (Nota G = 0,2) para os poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS o grau de confinamento do aquífero foi identificado como sendo semi-confinado (Nota G = 0,4). As ocorrências litológicas nos poços de monitoramento foram Formação Santa Maria com predominância de silte (Nota O = 0,5), já os poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS encontram-se na Formação Rosário do Sul (Nota O = 0,6). Nos poços de monitoramento o nível estático 0,48 a 0,95 m (Nota D = 0,9) para os poços cadastrados no CPRM/SIAGAS os valores médios de nível estático ficaram entre 20 e 60 m (Nota D entre 0,6 e 0,7).

Os valores obtidos com a aplicação do método GOD

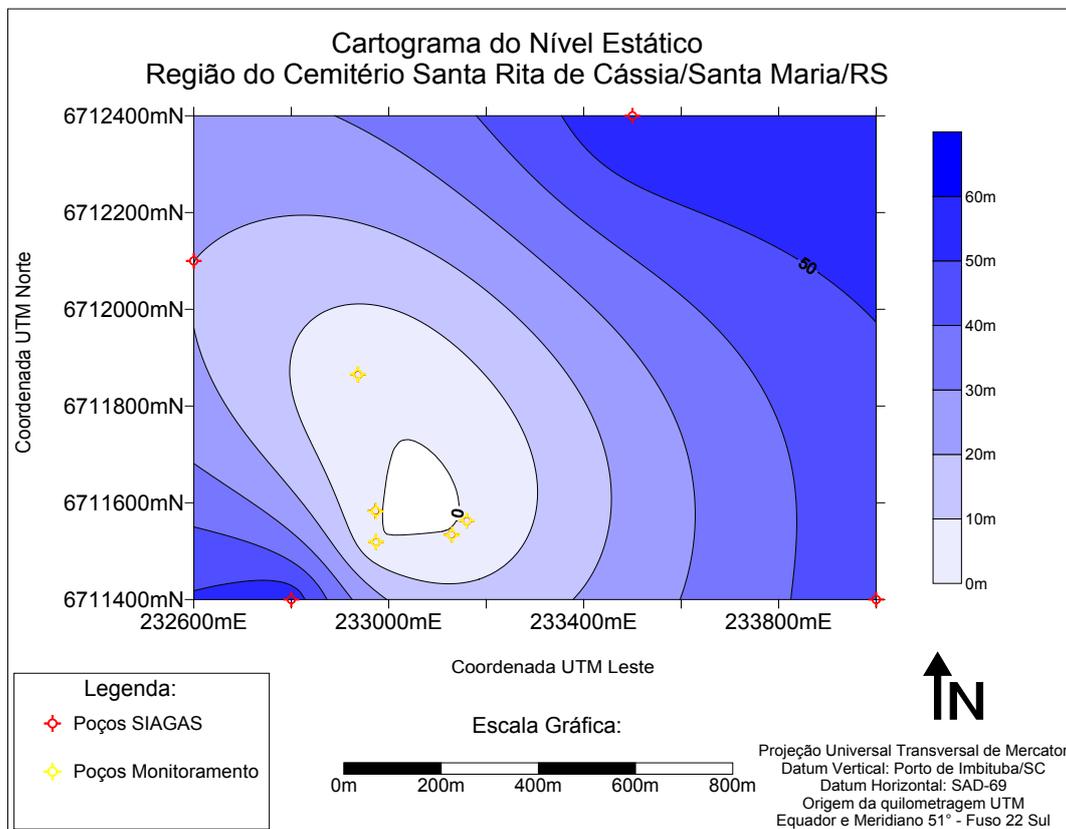


Figura 2. Cartograma do nível estático da água dos poços na região do cemitério Santa Rita de Cassia - Santa Maria/RS/Brasil. Figure 2. Cartogram the static water level of wells in the region of Santa Rita de Cassia Cemetery - Santa Maria/RS/ Brazil.

são apresentados na Tabela 1. A vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea no Cemitério na região de influência do cemitério Santa Rita de Cássia variou de insignificante a baixa conforme visualizado na Figura 3.

De um modo geral, o termo vulnerabilidade é compreendido como sendo a suscetibilidade do aquífero à contaminação. Segundo Ribeira (2004) a vulnerabilidade natural se costuma calcular e expressar em termos hidro-

geológicos, como por exemplo, a profundidade do nível freático, a permeabilidade, etc. Entretanto a vulnerabilidade específica da água subterrânea costuma-se expressar em termos de riscos frente a um determinado impacto.

Uma caracterização aproximada da idéia de risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície. Isso significa que

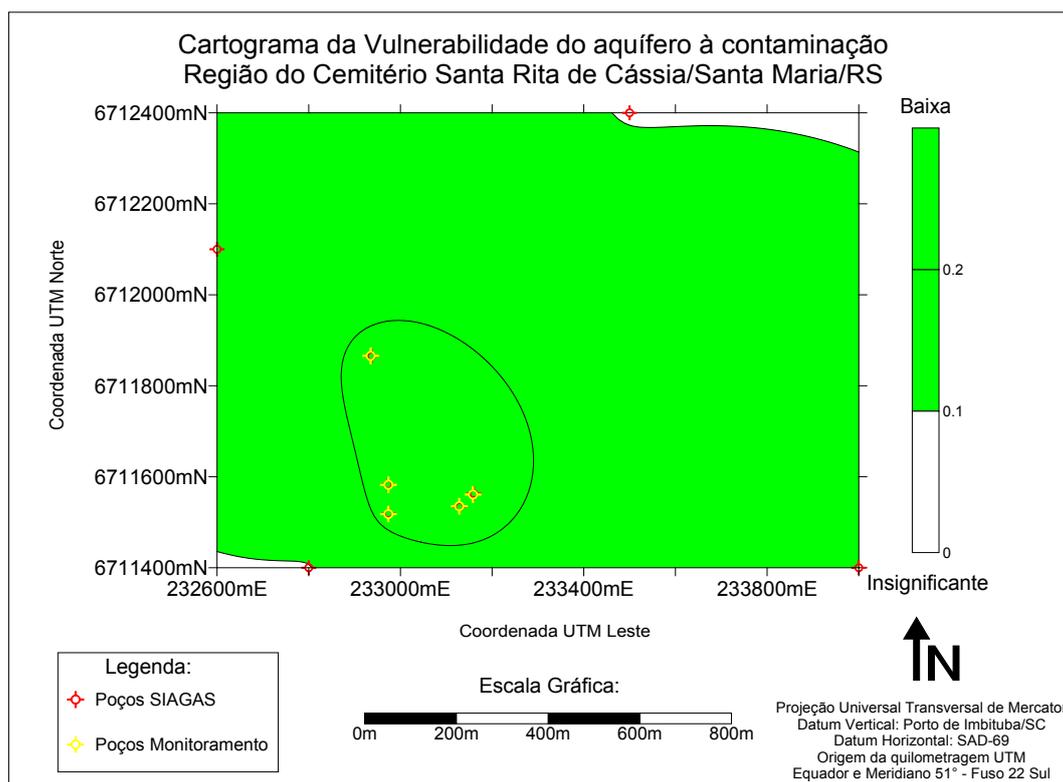


Figura 3. Cartograma da vulnerabilidade do aquífero à contaminação das águas subterrâneas na Região do Cemitério Santa Rita de Cássia - Santa Maria/RS/Brasil.

Figure 3. Cartogram of the aquifer vulnerability to contamination of groundwater in the region's Cemetery Santa Rita de Cássia - Santa Maria/RS/Brasil.

se pode ter uma situação de alta vulnerabilidade, porém, sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

A vulnerabilidade significa a maior suscetibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante imposta. Os autores complementam: “É um conceito inverso da capacidade de assimilação de contaminantes de um corpo receptor de água superficial, com a diferença de que os aquíferos possuem uma cobertura de substratos que proporciona maior proteção” (FOSTER e HIRATA, 1993).

Com relação aos fatores que influenciam a vulnerabilidade dos aquíferos, Ribeira (2004) comenta que a vulnerabilidade natural de um aquífero aumenta quanto menor for sua capacidade de atenuação ao impacto e quanto maior for sua acessibilidade. Aprofundando mais, podem-se discriminar os seguintes grupos de parâmetros que influenciam na determinação da vulnerabilidade: 1) As características geológicas do aquífero: porosidade primária, tipo e grau de fraturação; 2) Os parâmetros hidráulicos do aquífero: sua condutividade hidráulica e sua transmissividade; 3) O regime de recarga do aquífero: tanto em seus aspectos quantitativos como a localização espacial, extensão e magnitude; 4) A existência, continuidade e a espessura da zona saturada e no caso de existir as características hi-

drológicas e de composição dos níveis suprajacentes do solo.

Osório (2004) destaca que a atividade humana em superfície pode alterar e induzir novos mecanismos de recarga do aquífero, modificando a taxa, a frequência e a qualidade na recarga de águas subterrâneas. O entendimento desses mecanismos e a correta avaliação de tais modificações são fundamentais para a determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas

É importante lembrar que se existir um aquífero com elevada vulnerabilidade, não significa que este já esteja contaminado, mas sim que esta área é de risco. Sua contaminação ou não vai depender das atividades antrópicas que estão sobre ele localizadas, ou seja, ele pode ser altamente vulnerável, mas não correr nenhum risco de ser contaminado por estar localizado numa área distante de fontes contaminantes, principalmente da presença humana, tais como lixões, cemitérios, distritos industriais entre outros.

Autor (2007) em estudo sobre vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS, encontrou valores de vulnerabilidade aplicando a metodologia GOD variando entre média a alta. O autor também constata diversas irregularidades na construção e operação dos poços, estando em desacordo com as normas da ABNT/NBR 12212 e 12244/2006.

Os fatores construtivos aliados aos valores de vulnerabilidade na presença de um contaminante podem influen-

ciar na facilidade ou não da contaminação da água na fonte de abastecimento em especial como no caso destas fontes localizarem-se nas proximidades de fontes potencialmente poluidoras, podendo-se tomar como exemplo os cemitérios.

Matos (2001) ressalta que a distância de cemitérios até os pontos de captação de água a ser usada para o abastecimento deve ser considerada antes da utilização de aquíferos que passam sob cemitérios, pois se as águas subterrâneas forem contaminadas por microorganismos presentes nos corpos em decomposição, e houver captação em poços, elas podem ser veículo de doenças.

Cemitério Jardim da Saudade

Nível estático

O valor médio do nível estático do poço de monitoramento foi de 0,77 m, sendo que os valores de profundidade dos poços tubulares cadastrados pelo CPRM/SIAGAS variaram entre 6,1 e 47,6 m conforme ilustrado na Figura 4.

Tais valores de nível estático apresentam-se desacordo com a Resolução 368/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que determina que o nível inferior das sepulturas deva estar a uma distância de pelo menos 1,5 m acima do mais alto nível do lençol freático, medido na estação das cheias. Os valores de cota potenciométrica variaram entre 87 e 118 m, com valor médio de 105,3 m.

Apenas os poços tubulares localizados na parte inferior do cartograma estão sob a influência do cemitério Jardim da Saudade, destacando-se a ocorrência de fluxo preferencial da água para as regiões sudeste e sudoeste.

Vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea

Na região do poço de monitoramento o aquífero é considerado confinado (Nota G = 0,2) e na região dos poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS existem poços em regiões onde o grau de confinamento do aquífero é semi-confinado e confinado (Nota O variando entre 0,5 e 0,7). No que diz respeito ao nível estático o poço escavado apresentou como valor médio 0,77m (Nota D = 0,9), já os poços cadastrados no CPRM/SIAGAS apresentaram valores médios entre 5 e 17m (Nota D variando entre 0,8 e 0,9).

Os valores obtidos com a aplicação da metodologia GOD são apresentados na Tabela 2. Conforme pode ser visualizado na Figura 5, a vulnerabilidade natural a contaminação na região do cemitério Jardim da Saudade variou de insignificante a baixa.

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem do necrochorume. Segundo Costa Silva e Malagutti Filho (2009), a proporção de argila no solo deve ficar entre 20% e 40%, para favorecer os processos de decomposição (que dependem da presença de ar) e as condições de drenagem do necrochorume.

De acordo com Pacheco (2000), dependendo das condições geológicas do meio, a composição do necrochorume pode propiciar a sobrevivência e a proliferação

de microorganismos oriundos da decomposição, e a conseqüente periculosidade do líquido, que pode conter bactérias, vírus e substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, favorecida pela falta de oxigênio na água subterrânea, que diminui a medida que a profundidade aumenta.

Para Silva (2000), ao longo do tempo, no meio natural, o necrochorume, devido a capacidade de autodepuração do solo, decompõe-se e reduz-se a substâncias mais simples e inofensivas, em função do teor de argilas ativas, processando uma filtração lenta dos percolados associada à oxidação. Essa condição depende diretamente do tipo de solo e profundidade.

Cemitério São José

Nível estático

A Figura 6 ilustra a variação do nível estático do poço de monitoramento (0,37 m) e dos poços tubulares cadastrados pelo CPRM/SIAGAS (25,6 a 35,7 m).

Os valores de nível estático apresentam-se em desacordo com a Resolução 368/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que determina que o nível inferior das sepulturas deva estar a uma distância de pelo menos 1,5 m acima do mais alto nível do lençol freático, medido na estação das cheias.

Os valores de cota potenciométrica variaram entre 84,4 e 124,3 m, com valor médio de 106,6 m. Os fluxos da água subterrânea ocorreram em todas as direções, contribuindo para que todos os poços tubulares cadastrados ilustrados no cartograma estejam sob a influência do cemitério São José.

Vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea

O grau de confinamento do aquífero onde se localiza o poço de monitoramento do cemitério é confinado (Nota G = 0,2), nos locais onde localizam-se os poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS o grau de confinamento variou em semiconfinado e confinado (Nota G entre 0,2 e 0,4), a ocorrência litológica na área do poço de monitoramento no cemitério é a Formação Santa Maria – silte (Nota O = 0,5) já nos poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS as ocorrências litológicas foram a Formação Santa Maria – silte e a Formação Rosário do Sul (Nota O entre 0,5 e 0,6). Com relação aos níveis estáticos, no poço de monitoramento o valor médio foi de 0,37m (Nota D = 0,90) já nos poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS os valores médios do nível estático variaram entre 25,6 e 35,7 m (Nota D = 0,7).

A Tabela 3 apresenta os valores atribuídos para cada parâmetro na metodologia GOD e seu índice de vulnerabilidade. A Figura 7 ilustra a vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea no Cemitério São Jose. Pode-se observar que a vulnerabilidade variou de insignificante a baixa, sendo que os poços cadastrados pelo SIAGAS estão localizados em áreas de vulnerabilidade insignificante, já a área do cemitério está sobre uma área de vulnerabilidade baixa.

Para Silva (2000), “dependendo da profundidade do lençol freático, a carga microbiológica do necrochorume (vírus e bactérias) é eliminada e não existem problemas

Tabela 1. Valores atribuídos/obtidos com a aplicação da metodologia GOD.
Table 1. Amounts allocated/obtained by the application of the methodology GOD.

UTME	UTMN	Ponto	Nº	Altitude (m)	NE (m)	G	Grau de Confinamento	O	Ocorrência Litológica	D	IV	Classe
233160	6711563	Santa Rita	1	121,00	0,79	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
233129	6711534	Santa Rita	2	128,00	0,48	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
232974	6711519	Santa Rita	3	107,00	0,87	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
232973	6711583	Santa Rita	4	112,00	0,95	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
232937	6711865	Santa Rita	5	103,00	0,66	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
233500	6712400	Siagas	564	110	60	0,4	Semi-confinado	0,6	Fm. Rosário do Sul	0,6	0,14	Baixa
232800	6711400	Siagas	565	130	56,6	0,4	Semi-confinado	0,6	Fm. Rosário do Sul	0,6	0,14	Baixa
234000	6711400	Siagas	566	125	47	0,4	Semi-confinado	0,6	Fm. Rosário do Sul	0,7	0,17	Baixa
232600	6712100	Siagas	588	106	20	0,4	Semi-confinado	0,6	Fm. Rosário do Sul	0,7	0,17	Baixa

Tabela 2. Valores atribuídos/obtidos com a aplicação da metodologia GOD.
Table 2. Amounts allocated/obtained by the application of the methodology GOD

UTME	UTMN	Ponto	Nº	Altitude (m)	NE (cm)	G	Grau de Confinamento	O	Ocorrência Litológica	D	IV	Classe
224973	6714598	Jard. da Saudade	1	117,00	0,77	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
224200	6715600	Siagas	639	135	17	0,4	Semi-confinado	0,7	Areia (Fm. Rosário do Sul)	0,8	0,22	Baixa
224000	6714500	Siagas	640	105	5	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
225900	6713900	Siagas	641	95	8	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,8	0,08	Insig.

Tabela 3. Valores atribuídos/obtidos com a aplicação da metodologia GOD.
Table 3. Amounts allocated/obtained by the application of the methodology GOD.

UTME	UTMN	Ponto	Nº	Altitude (m)	NE (m)	G	Grau de Confinamento	O	Ocorrência Litológica	D	IV	Classe
226949	6714926	São José	1	111,00	0,37	0,2	Confinado	0,50	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,90	0,09	Insig.
226500	6714300	Siagas	590	110	25,6	0,2	Confinado	0,50	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,7	0,07	Insig.
228100	6714500	Siagas	628	160	35,7	0,4	Semi-confinado	0,50	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,7	0,14	Baixa
229700	6715600	Siagas	654	135	28	0,4	Semi-confinado	0,60	Fm. Rosário do Sul	0,7	0,17	Baixa

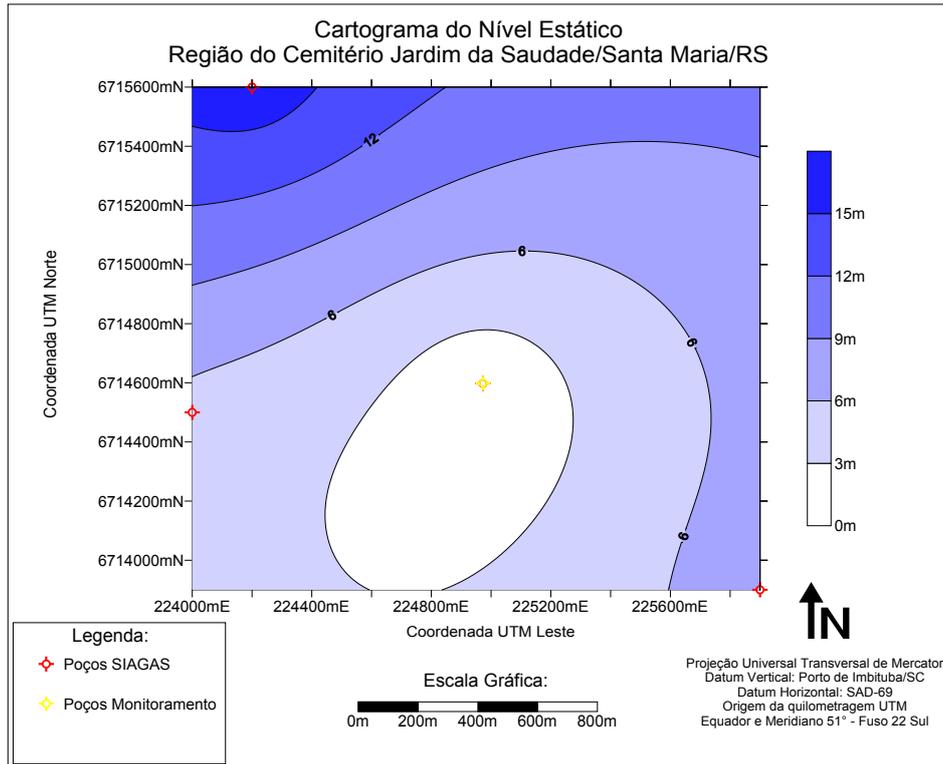


Figura 4. Cartograma do nível estático da água dos poços na região do cemitério Jardim da Saudade - Santa Maria/RS/Brasil.
 Figure 4. Cartogram the static water level of wells in the region of Jardim da Saudade Cemetery - Santa Maria/RS/Brazil.

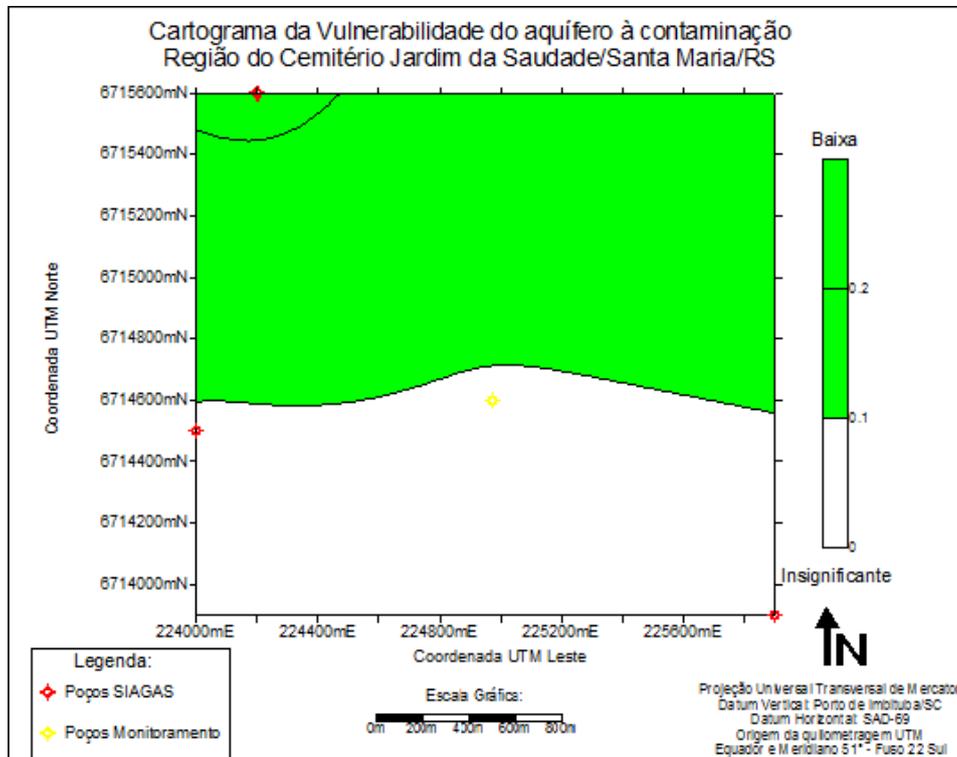


Figura 5. Cartograma da vulnerabilidade do aquífero à contaminação na Região do Cemitério Jardim da Saudade - Santa Maria/RS/Brasil.
 Figure 5. Cartogram of the aquifer vulnerability to contamination in the Region's Cemetery Jardim da Saudade - Santa Maria/RS/Brasil.

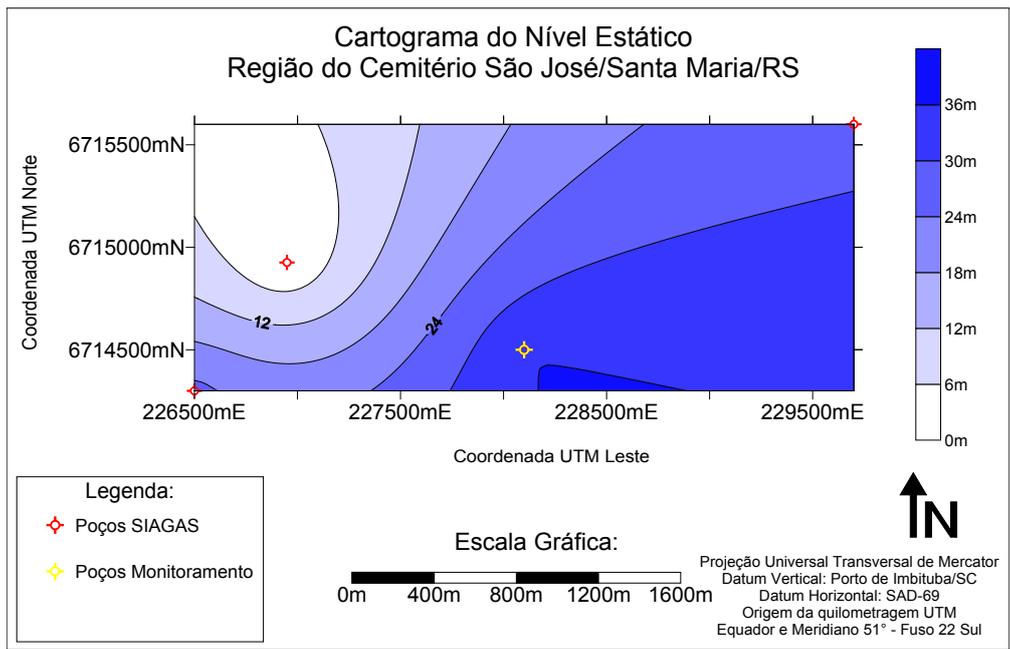


Figura 6. Cartograma do nível estático da água dos poços na região do cemitério São José - Santa Maria/RS/Brasil.
 Figure 6. Cartogram the static water level of wells in the area of the cemetery San Jose - Santa Maria/RS/Brazil.

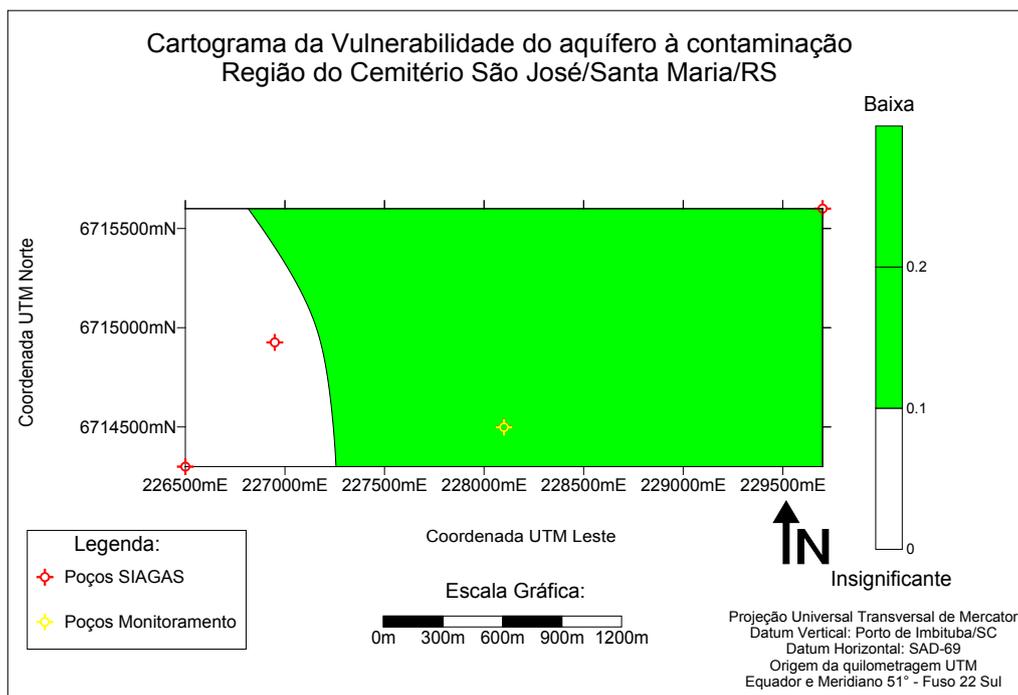


Figura 7. Cartograma da vulnerabilidade do aquífero à contaminação na Região do Cemitério São José - Santa Maria/RS/Brasil.
 Figure 7. Cartogram of the aquífer vulnerability to contamination in the Region's Cemetery São José - Santa Maria/RS/Brazil.

de contaminação; todavia, em determinadas condições hidrogeológicas, o necrochorume atinge o lençol praticamente íntegro, com suas cargas químicas e microbiológicas, desencadeando a sua contaminação e poluição”.

Segundo Costa Silva e Malagutti Filho (2009), solos com média permeabilidade e nível freático profundo são ideais para sepultamentos, pois favorecem a putrefação

e a filtragem do necrochorume, o que significa baixa vulnerabilidade de contaminação. Se o material geológico tem pouca permeabilidade e o nível freático é quase aflorante, o solo é extremamente vulnerável à contaminação, pois favorece fenômenos como a saponificação. Também podem ocorrer diversas situações intermediárias: se, por exemplo, a permeabilidade do solo for alta e o nível freático

pouco profundo, a vulnerabilidade à contaminação será alta.

De acordo com Uçisik e Rushbrook (1998), a dificuldade de se encontrar locais ideais para a implantação de cemitérios nas cidades tem aumentado substancialmente. Por isso, é crescente a preocupação dos impactos gerados ao meio ambiente e à saúde pública pela má distribuição dos cemitérios. Faz-se por isto a necessidade da fiscalização a cerca de novos projetos para a implantação e construção de cemitérios, além de considerações cuidadosas sobre os mais adequados tipos de solos para o enterro dos restos mortais, para minimizar os efeitos das contaminações ao meio ambiente e à saúde pública.

Cemitério Ecumênico Municipal

Nível estático

O nível estático no poço de monitoramento foi de

0,73 m, já os poços tubulares cadastrados pelo CPRM/SIAGAS tiveram os valores variando entre 6,1 e 47,6 m (Figura 8). Dessa forma os valores de nível estático apresentam-se em desacordo com a Resolução 368/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que determina que o nível inferior das sepulturas deva estar a uma distância de pelo menos 1,5 m acima do mais alto nível do lençol freático, medido na estação das cheias.

Os valores de cota potenciométrica variaram entre 55 e 89,3 m, com valor médio de 74,4 m sendo que os fluxos de água subterrânea ocorreram em todas as direções, estando assim todos os poços tubulares cadastrados sob a influência do cemitério Ecumênico Municipal.

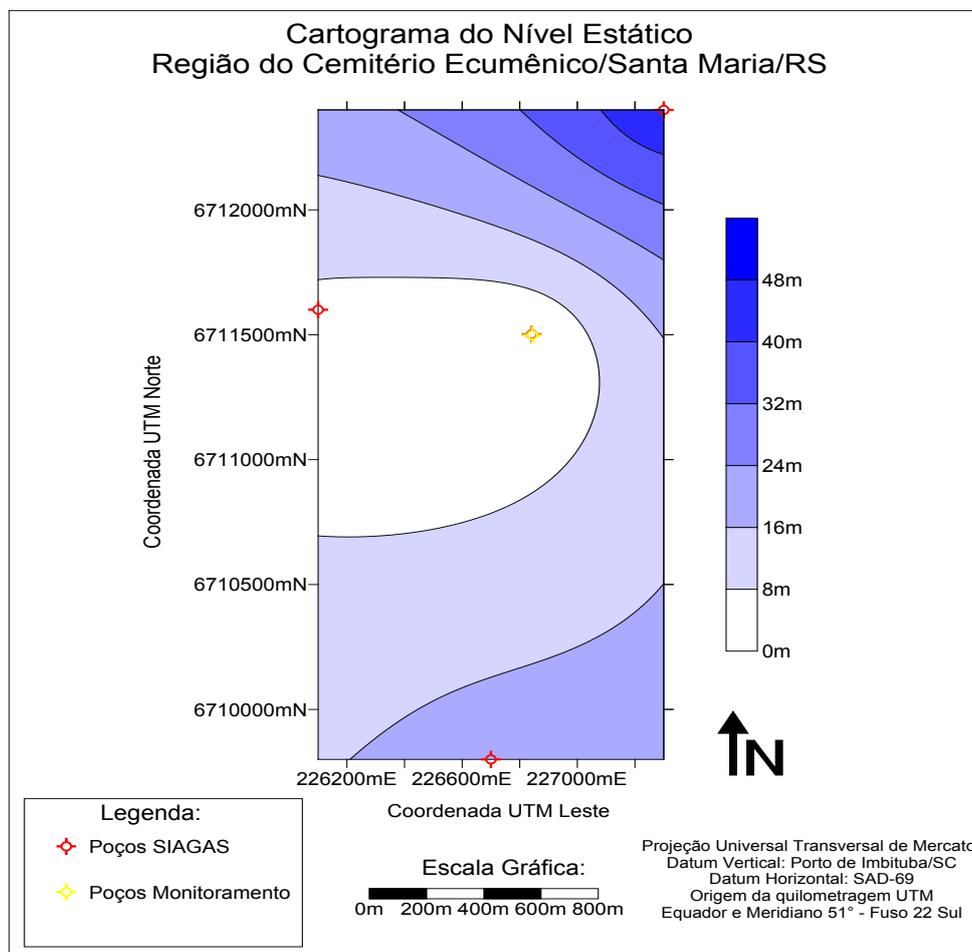


Figura 8 – Cartograma do nível estático da água dos poços na região do cemitério Ecumênico Municipal - Santa Maria/RS/ Brasil.

Figure 8 - Cartogram the static water level of wells in the region of the Ecumenical Municipal Cemetery - Santa Maria / RS / Brazil.

Vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea

No cemitério Ecumênico Municipal o poço de monitoramento encontra-se em uma área onde o grau de confinamento do aquífero é confinado (Nota G = 0,2) enquanto os poços cadastrados pelo CPRM/SIAGAS o aquífero apresentou-se como semiconfinado e confinado (Nota G entre 0,2 e 0,4).

A ocorrência litológica na área do poço de monitoramento foi a Formação Santa Maria – silte (Nota O = 0,5) enquanto nos poços cadastrados no CPRM/SIAGAS encontram-se nas Formações Santa Maria – Silte e Formação Santa Maria – Arenito Fino + Silte. Os valores médios de nível estático foram 0,73 m para o poço escavado, e valores entre 6,1 a 47,6 m (Nota D entre 0,7 e 0,9).

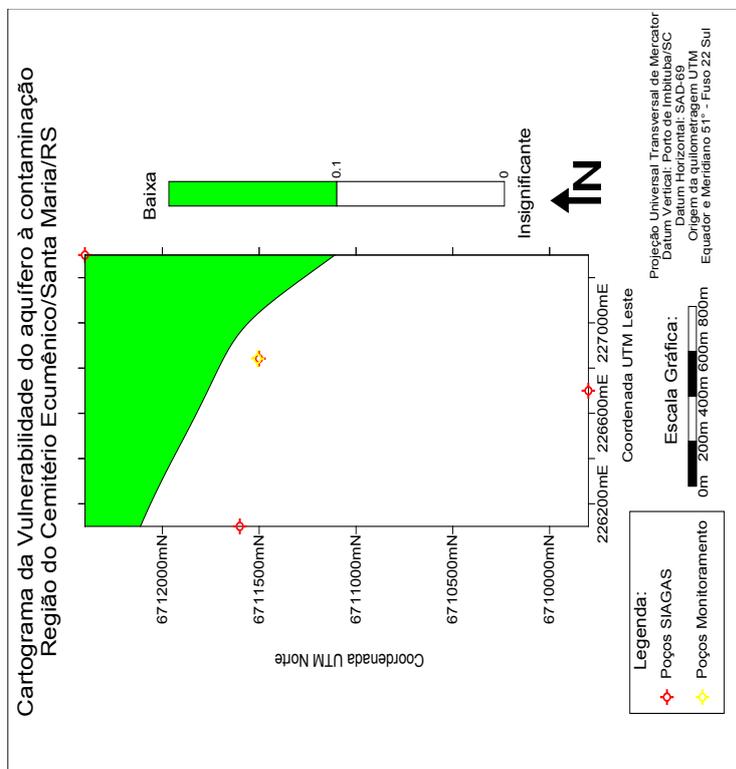


Figura 9. Cartograma da vulnerabilidade do aquífero à contaminação na Região do Cemitério Ecumênico - Santa Maria/RS/Brasil.
 Figure 9. Cartogram of the aquifer vulnerability to contamination in the region of the Ecumenical Cemetery - Santa Maria/RS/Brasil.

Tabela 4. Valores atribuídos/obtidos com a aplicação da metodologia GOD.

Table 4. Amounts allocated/obtained by the application of the methodology GOD.

UTME	UTMN	Ponto	Nº	Altitude (m)	NE (m)	G	Grau de Confinamento	O	Ocorrência Litológica	D	IV	Classe
226842	6711501	Ec. Municipal	1	90,00	0,73	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,9	0,09	Insig.
227300	6712400	Siagas	592	125	47,6	0,4	Semi-confinado	0,57	Arenito Fino + Siltite (Fm. Santa Maria)	0,7	0,16	Baixa
226100	6711600	Siagas	595	82	6,1	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,8	0,08	Insig.
226700	6709800	Siagas	596	75	20	0,2	Confinado	0,5	Siltite (Fm. Santa Maria)	0,8	0,08	Insig.

A Tabela 4 apresenta os valores atribuídos para cada parâmetro da metodologia GOD, bem como o índice de vulnerabilidade natural a contaminação que no cemitério Ecumênico variou de insignificante a baixa sendo que apenas um poço cadastrado pelo SIAGAS está sobre uma área considerada de vulnerabilidade baixa, já a área do cemitério é considerada de vulnerabilidade insignificante (Figura 9).

Quando o solo apresenta média permeabilidade e alta capacidade de adsorção e retenção do material argiloso, associada à grande distância até o lençol freático, o necrochorume move-se lentamente e as substâncias do contaminante são interceptadas na zona não saturada. Essa situação é classificada como de médio risco de contaminação de águas subterrâneas.

Caso o cemitério esteja situado em regiões de solos porosos e permeáveis, como areia e pedregulho, o movimento do necrochorume pode ser rápido e se misturar com a água subterrânea, o que pode causar doenças de veiculação hídrica, se essa água for utilizada para o abastecimento público (UÇISIK E RUSHBROOK, 1998).

Segundo Costa Silva e Malagutti Filho (2009), se a sepultura estiver abaixo do nível freático, pode ser inundada, gerando uma situação de extremo risco, já que, em geral, os caixões não são impermeáveis. Quando o solo tem el-

evada permeabilidade, o que permite a infiltração profunda do necrochorume, ou a distância para o lençol freático é inadequada, a situação é de alto risco, porque os contaminantes chegam facilmente às águas subterrâneas. Nesses casos, para diminuir a possibilidade de contaminação do aquífero, o sepultamento deve ocorrer acima do nível natural do terreno. Desta forma o potencial de contaminação deste cemitério é diminuído, diferentemente do cemitério Santa Rita que usa o tipo de sepultamento parque jardim, sendo que as sepulturas ficam abaixo do nível do solo.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos com a aplicação da metodologia GOD, conclui-se que todos os cemitérios na cidade de Santa Maria – RS localizam-se em áreas cuja vulnerabilidade natural a contaminação da água subterrânea variou de insignificante a baixa. Tais fatores naturais associados à utilização de métodos construtivos corretos conforme disposto na Resolução 368/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente dos cemitérios podem auxiliar na manutenção da qualidade ambiental, não expondo as comunidades próximas a riscos de contaminação por necrochorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOR. Qualidade da água subterrânea e a saúde da comunidade em bairro de Santa Maria/RS. Santa Maria, RS, 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.
- BRANCO, S. M.; PORTO, M. F. A.; DE LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: PORTO, R. L.L. (Org.) Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 27-66 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3)
- CONAMA N° 335/2003 - “Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios” - Data da legislação: 03/04/2003 - Publicação DOU n° 101, de 28/05/2003, págs. 98-99.
- CONAMA N° 368/2006 - “Altera dispositivos da Resolução N° 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios” - Data da legislação: 28/03/2006 - Publicação DOU n° 061, de 29/03/2006, págs. 149-150
- COSTA SILVA, R. W.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. **Ciência Hoje**, v. 44, n. 263, p. 24-29, 2009.
- COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM. **Mapa Hidrogeológico da Folha de Santa Maria**. Escala 1:100.000. 1994.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92 p.
- FOSTER, S.S.D. *et al.* **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. 2006.
- GARCIA, G. P. **Avaliação de pontos potenciais de contaminação de águas subterrâneas em Santa Maria, RS**. Trabalho de graduação apresentado ao Curso de Geografia da UFSM, Santa Maria, 2004.
- GASPARETTO, N. V. L. *et al.* **Mapa Geológico da Folha de Santa Maria e Nota explicativa**. FINEP - UFSM, 1990. Escala 1:50.000
- MACÊDO, J. A. B. **Águas e Águas. Belo Horizonte**.: CRQ-MG, 977p. 2009.
- MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Imprensa Universitária – UFSM. Santa Maria, 1990. Escala 1:25.000
- MACIEL FILHO, C.L. **Introdução a Geologia de Engenharia**. 3ª ed. UFSM. Santa Maria, 2007, 307p.
- MARTINS, M.T. *et al.* **Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios**, p. 47-52. Revista de Saúde Pública, v. 25, n. 01, 1991.
- MATOS, B. A., **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo** [tese de doutorado]. São Paulo. Instituto de Geociências da USP; 2001.
- MATOS, B. A., **Como os cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/html/cemit>

- html>. Acesso em 05 de setembro de 2009.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v. 3, n.4, out/dez. 2002.
- PACHECO, A. **Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento**. Revista Sistema de Planejamento para a Administração Metropolitana. Ano 4, n. 17, 1986.
- PACHECO, A. **Cemitério e meio ambiente [tema de livre docência]**. São Paulo, Instituição de Geociências da USP; 2000.
- PAIVA, J. B. D. e PAIVA, E. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. 2001. 625 p.
- RIBEIRA, F. Calidad, contaminación y protección de acuíferos In: **III CURSO HISPANOAMERICANO DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA**. 4 de outubro a 3 de dezembro de 2004, Montevideo – UY, 2004.
- ROMANÓ, E. N. L. **Cemitérios: Passivo ambiental, medidas preventivas e mitigadoras**. Disponível em: <http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma_romano_cemiterio.pdf> Acesso em 05 de setembro de 2009.
- SILVA, L. M.. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres**. Saneamento Ambiental. 2000; 71, 41-45.
- TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G.. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- TIBURTIUS, E. R. L., PERALTA-ZAMORA, P. P., LEAL, E. S. **Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados**. Quim. Nova, v. 27, n.3, p. 441-446, 2004.
- UÇISIK, A. S.; RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environmental and public health; an introductory briefing**. Denmark: WHO; 1998. Disponível em: <<http://www.who.int/en/>> Acesso em 14 de agosto de 2010.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte, MG: DESA, 1996.