



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Pontos Potenciais de Contaminação e Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas do Município de Restinga Seca - RS

Carlos Alberto Löbler¹; José Luiz Silvério da Silva²; Guilherme Viana Martelli³; Tiago Ertel⁴.

1 - Graduado em Geografia Bacharelado, e mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental: PPGEAMB/UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. carloslobler@gmail.com.

2 - Geólogo Dr. Professor/Orientador: Departamento de Geociências, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. silverioufsm@gmail.com.

4 – Geógrafo e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. guimartelli@yahoo.com.br.

3 - Graduando em Engenharia Civil, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. tiago_ertel@hotmail.com.

Artigo recebido em 17/12/2012 e aceite em 01/06/2013

RESUMO

O presente trabalho aborda as características naturais das águas subterrâneas do município de Restinga Seca, situado na borda da Bacia do Paraná, sul do Brasil, na Depressão Central constituída predominantemente por arenitos pertencentes à Zona de Afloramento (ZA) do Sistema Aquífero Guarani - SAG. O município possui 54 captações por poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS, sendo 19 selecionados no estudo. Dentre as principais fontes potenciais de contaminação foram identificados 3 postos de combustíveis e 2 cemitérios. O estudo apontou um índice de vulnerabilidade dos Sistemas Aquíferos (Serra Geral e Guarani) para todo o município: 0,02% média; 48,98% baixa e predominando a insignificante com 51,00%. O Perímetro urbano apresentou cerca de 23,00% na classe média e 67,00% na insignificante. Observou-se que os pontos potenciais de contaminação estão localizados em áreas das classes de vulnerabilidade insignificante e baixa.

Palavras-chave: Aquíferos, SAG, Contaminação, cartogramas.

Potential Sources of Contamination and Natural Vulnerability of the Groundwater in Restinga Seca Municipality, Rio Grande do Sul State

ABSTRACT

This paper addresses the natural characteristics of groundwater in the municipality of Restinga Seca, situated on the edge of the Paraná Basin in the Central Depression, southern Brazil. It consists predominantly of sandstones belonging to Outcrop Zones (ZA) Guarani Aquifer System - GAS. The city has 54 registered wells funding 19 were selected to this study. Were identified the main potential contamination sources three gas stations and two cemeteries. The study reported a vulnerability index Aquifers Systems (Serra Geral and Guarani) for the entire county: 0.02% moderate, 48.98% low and predominantly negligible with 51.00%. The urban perimeter showed about 23.00% moderate and circa 67.00% in negligible class. It was observed that the points of potential contamination areas are located in classes of low and negligible vulnerability.

Keywords: Aquifers, GAS, contamination, cartograms.

Introdução

O município de Restinga Seca está localizado na região Central do Estado do Rio Grande do Sul, faz parte da microrregião de Restinga Seca e da mesorregião centro ocidental Rio-grandense (segundo divisão do

IBGE). Faz parte da região da Quarta Colônia de Imigração Italiana, esta na borda da Bacia do Paraná em zona, predominantemente, de afloramentos (ZA) do Sistema Aquífero Guarani – SAG e zona de transição para os basaltos da Formação Serra Geral na Zona de

Confinamento (ZC). Localmente ocorrem afloramentos compostos de diques básicos de direções Nordeste e Noroeste, discordantes nas rochas sedimentares da Formação Rosário do Sul e associados à Formação Serra Geral. A população é de cerca de 15.850 pessoas, possuindo uma área total de 961,8 km² (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). A renda da população é basicamente proveniente da agricultura, com destaque para o plantio de arroz irrigado (17.300 ha) e de soja (13.000 ha), (FEE – Fundação Estadual de Estatística, 2013). A cultura do arroz irrigado ocupa os Aluviões Cenozóicos.

Na agricultura atual o uso de agroquímicos é cada vez mais constante, principalmente, nas produções de arroz e soja, produtos cultivados no município. Na produção do arroz irrigado o uso de produtos contaminantes é intensa, entretanto, o risco de contaminação do subsolo (aquíferos) é pouco conhecido. No caso da soja com a difusão da cultura transgênica, o índice deste produto aplicado na natureza multiplicou-se para competir no fator produtividade com outros mercados.

A conservação e a preservação dos recursos hídricos tem sido tema de diferentes estudos que buscam estabelecer níveis seguros de exploração e uso sustentável da água. Em se tratando de recursos subterrâneos a preservação requer um nível de informação elevado, pois eles não estão visíveis, tornando-os muito mais vulneráveis. Como forma de conservação e uso adequado dos recursos hídricos subterrâneos, as avaliações e o mapeamento da vulnerabilidade natural indicam quais as áreas de maior ou menor suscetibilidade do aquífero à contaminação. Esta identificação de vulnerabilidade permite planejar e orientar ações voltadas para o melhor uso e ocupação do solo, contribuindo com a preservação deste recurso renovável e parte do ciclo hidrológico.

Restinga Seca possui 54 poços tubulares cadastrados no CPRM/SIAGAS (Serviço Geológico do Brasil/Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), o município também é abastecido na área urbana pela Companhia Rio-Grandense de

Saneamento (CORSAN). Já o abastecimento por poços, se observa de muita importância para a área rural, principalmente na atividade de irrigação da cultura do arroz, seguido pelo abastecimento humano e consumo animal de água.

O trabalho teve como objetivo geral elaborar um estudo sobre as águas subterrâneas do município de Restinga Seca e fazer a busca por pontos potenciais de contaminação dos aquíferos inseridos na área do município. Os objetivos específicos são: elaborar um banco de dados com informações de captações do SIAGAS (CPRM), com dados referentes a poços tubulares; estabelecer índice de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos à contaminação. Utilizando-se o sistema “GOD” (Foster et al., 2006), criando-se uma tabela de resultados contendo informações sobre parâmetros relativos: **G**= a condição de confinamento hidráulico, **O**= a geologia das formações penetradas na captação e **D**= a profundidade do nível da água subterrânea. Ainda realizar trabalhos de campo dentro do município para identificação de pontos potenciais de contaminação e espacializar as captações por poços e estabelecer a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, utilizando-se técnicas de Geoprocessamento em Sistema de Informações Geográficas/SIG em cartogramas.

Aplicações do Sistema *GOD* Foster *et al.* (2006) na avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação foram executadas em várias pesquisas do Laboratório de Hidrogeologia do Departamento de Geociências da Universidade Federal Santa Maria/ Labhidrogeo (<http://www.ufsm.br/labhidrogeo>).

Em rochas sedimentares arenosas formadoras de aquíferos porosos intergranulares, na zona de afloramentos (ZA), do Sistema Aquífero Guarani/SAG; Terra et al. (2013) no Município de Santiago; Ertel et al. (2012) no Município de Rosário do Sul; Marion et al. (2010); Kemerich et al. (2011); Silvério da Silva e Descovi Filho (2010) no Município de Santa Maria e ainda, Martinez e Silvério da Silva (2008) no Município de Santa Cruz do Sul.

Já em rochas vulcânicas, formando aquíferos cristalinos fissurais pertencentes ao Sistema Aquífero Serra Geral/SASG Riffel e Silvério da Silva (2011) aplicaram o Sistema *GOD* no Município de Santa Rosa no Estado do Rio Grande do Sul.

O Sistema Aquífero Guarani apresenta uma área de cerca 1.182.000 km², parte de quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai. No Brasil apresentando cerca de 71% da área total, ele ocorre em parte de 8 estados brasileiros (RS, SC, PR, SP, MG, MT, MS, GO). O SAG é um sistema complexo e heterogêneo, onde os fluxos regionais e locais de águas subterrâneas são controlados por estruturas geotectônicas (arcos, falhas e diques). Para sua gestão foram propostas três zonas: a Zona de Afloramentos (ZA), a Zona de Confinamento (ZC) próximo e a Zona de Forte Confinamento (ZFC).

A (ZA) pode atuar como zonas de recarga e descarga, sendo o aquífero do tipo livre (ou semiconfinado em algumas situações específicas). A (ZC) diz respeito às franjas imediatamente adjacentes as áreas de afloramento (de 10 a 50 km de largura) onde o basalto fraturado encontra-se acima do SAG e pode alcançar até 100m de espessura, ex. Municípios de Restinga Seca, Quaraí, Alegrete, Encantado e Ivorá no RS. A (ZFC) corresponde a todas as áreas do SAG com espessuras confinantes de basaltos superiores a 100m, ex. Municípios de Itá, Palmitos, Piratuba, Presidente Castelo Branco, Águas de Chapecó, Águas de Prata em SC associando-se ou não a fontes hidrominerais no Estado de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul Três Arroios, Erechim.

No Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul da CPRM (2008) o Município de Restinga Seca faz parte do Grupo Rosário do Sul constituído por rochas sedimentares clásticas distribuídas na Formação Caturrita, Formação Santa Maria, Formação Sanga do Cabral. No Mapa hidrogeológico da Folha de Santa Maria (CPRM, 1994) a Formação Santa Maria apresenta duas unidades hidroestratigráficas (Alemoa constituída predominantemente por camadas silto-argilosas não aquíferas (Aquiclude)) e a (Passo das Tropas, arenitos grossos a médios

aquífero). Já a Formação Sanga do Cabral, forma corpos tabulares ou lenticulares alongados, contendo brecha e conglomerado intraformacional, com cimentos calcíticos, siltitos e raros argilitos depositados em ambiente continental fluvial entrelaçado. Ainda apresenta duplas micas, biotita e muscovita.

O estudo das águas subterrâneas para o município é de suma importância como apontado por Martelli et al. (2011) onde foi realizada uma abordagem especializando-se as classes de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação. Estudou o Município de Restinga Seca utilizando informações de captações de águas subterrâneas em poços tubulares, disponíveis para a área urbana do município.

Segundo Foster et al. (2006, pg. 2) “a água subterrânea é um recurso natural vital para o abastecimento econômico e seguro nos meios urbano e rural”. A água subterrânea é uma fonte segura de captação, e em muitos locais a única fonte, com isso é necessário conhecer o que têm-se nestas reservas e o que precisa-se fazer para melhorá-la. Ainda segundo os autores “no mundo inteiro os aquíferos estão sob perigo de contaminação” isto se deve aos aumentos populacionais e consequente aumento da urbanização, intensificação da agricultura com uso de produtos tóxicos e muitas outras atividades poluidoras.

Ainda segundo os autores (pg. 4) “a maior parte da água subterrânea se origina a partir do excesso de chuva que se infiltra na superfície do solo. Como consequência, as atividades que se desenvolvem na superfície podem ameaçar a qualidade da água”. Com isso é importante conhecer-se a geologia, as camadas penetradas junto ao empreendimento potencialmente poluidor, observando-se a capacidade de infiltração, proporcionada pelo arranjo e proporção dos constituintes nas frações, considerando-se as texturas: areia (2-0,062mm), silte (0,062-0,002mm), argila (inferior a 0,002mm) que compõem os solos e/ou rochas sedimentares clásticas (como os arenitos, siltitos, argilitos).

Quanto maior for a capacidade de a água das chuvas infiltrar no terreno, maior

será o perigo de contaminação das águas subterrâneas. Assim terrenos de composição arenosa apresentam uma maior relação entre porosidade e permeabilidade, o que resulta em uma maior facilidade de fluxo de contaminantes, portanto apresentando um risco potencial mais elevado de contaminação do meio. Já os terrenos de constituição argilosos a Porosidade elevada, porém a permeabilidade é baixíssima, isso dificulta a circulação de líquidos no meio poroso, sejam eles contaminados ou não, Portanto este meio poroso apresenta um menor risco de alteração da qualidade natural.

Assim o Sistema “GOD”, foi desenvolvido para avaliar as condições naturais de atenuação de contaminantes e é amplamente utilizado para as condições brasileiras e caribenhas, pois seu uso é simplificado necessitando apenas três parâmetros.

Aspectos Legais:

Deve-se lembrar que as cidades produzem resíduos tanto sólidos como líquidos. Estes necessitam de uma adequada disposição nos solos. Dentre os muitos riscos de contaminação pode-se citar: 1) os esgotos não tratados; 2) os poços de combustível contam com reservatórios subterrâneos que podem alterar a qualidade da água. Para a regulamentação deste tipo empreendimento existem resoluções como a N° 273/2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Esta estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e de serviços e ainda, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição. Acrescenta-se 3) os cemitérios, principalmente os localizados em zona de expansão urbana, e localizados nas partes mais elevadas do terreno. Estes necessitam licenciamento ambiental o que esta estabelecido nas Resoluções N° 355/2003 e N°368/2006 do CONAMA. Ainda tem-se 4) as lavagens de veículos e os lava-jatos, os quais também são considerados pontos potenciais de contaminação por produzirem espumas e resíduos de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo, óleos e graxas

No Brasil, a Constituição Federal (1988) estabelece em seu Art. 26 que a titularidade das águas superficiais e subterrâneas é competência dos estados.

Já, no Estado do Rio Grande do Sul o Decreto Estadual 42.047/2002 estabelece que a proteção das águas subterrâneas e dos aquíferos compete ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria do Meio Ambiente.

Acrescenta-se a isto o Código Estadual do meio ambiente, em seu Art. 134, estabelece que a escolha da localização de empreendimentos de qualquer natureza deve considerar prioritariamente a vulnerabilidade dos lençóis de água.

Em nível federal, a Lei Federal N° 9.433/1997, Art. 1°, Inciso IV, estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade de gestão, portanto válida para todas as unidades do país.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos/CNRH na sua Resolução nº15 (2001) em seu Art. 1°, diz que para efeito desta resolução consideram-se:

- I- Água subterrânea- as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;
- II- Água Meteórica- as águas que ocorrem na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos;
- III- Aquífero- corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.
- IV- Corpo Hídrico subterrâneo- volume de água armazenado no subsolo.

Material e Métodos

Etapa 1: Coleta de dados

Foram selecionados 19 poços dos 54 cadastrados pelo CPRM/SIAGAS no município de Restinga Seca, região Central do Estado do Rio Grande do Sul. A partir deles foram observados os três parâmetros considerados no sistema “GOD”, que serão descritos a seguir.

Todos os pontos considerados potencialmente poluidores encontrados no município como postos de combustíveis,

cemitérios, lavagens de automóveis foram identificadas e coletados os pontos referentes às coordenadas Geográficas, obtidas com auxílio de receptor de GPS (Sistema de Posicionamento Global), adotando-se o Datum horizontal SAD 69 e o vertical o Porto de Imbituba/SC. Este mapeamento também foi realizado através da carta topográfica do exército do Município de Restinga Seca Folha SH 22-V-C-3, MI-2966/3.

Etapa 2: Método de vulnerabilidade do aquífero à contaminação adotado:

Foster *et al.* (2006) caracterizam a vulnerabilidade do aquífero à contaminação adotando os seguintes parâmetros – **G**: Grau de confinamento – **O**: Ocorrência do estrato de cobertura (litologia) – **D**: distância até o nível da água. Os valores de cada parâmetro variam entre um mínimo de zero até um máximo de um. Obtendo-se o produto dos três parâmetros gera-se o índice de vulnerabilidade padrão. São gerados diferentes Planos de Informação (PI's) e posteriormente são sobrepostas às informações em cartogramas. Foram atribuídas notas, considerando o perfil litológico penetrado até o nível estático dos poços. Quando há penetração de mais de uma litologia distinta em cada poço, o índice de vulnerabilidade foi calculado relacionando cada fração na formação do perfil geológico penetrado.

Analisando-se estes três parâmetros e aplicando-se as notas padrões, para cada um dos fatores, obtém-se o produto das notas e assim a classe de vulnerabilidade à contaminação a qual pertence às águas. Esta vulnerabilidade pode ser: Desprezível (0 a 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5), alta (0,5 a 0,7) e extrema (0,7 a 1,0) (Foster *et al.*, 2006).

Etapa 3: Espacialização em Cartogramas

Com a utilização do programa Surfer 8, estando as coordenadas dos poços (sistemas de coordenadas geográficas), e com os resultados obtidos pode-se espacializar e visualizar as áreas de maior e menor risco de contaminação. Também foi possível observar uma tendência de direção de fluxo

subterrâneo das águas (Superfície Potenciométrica, obtida pela relação entre a cota altimétrica na boca do poço e o nível da água subterrânea). Visando auxiliar na confecção dos mapas também foi usado o programa ArcGIS 10. Com as coordenadas dos pontos potenciais de contaminação foi possível sobrepor os Planos de Informação.

Para a interpolação de dados no Surfer 8 utilizou-se o método da krigagem. Esta é considerada uma boa metodologia de interpolação matemática de valores e é indicadas para valores baixos e próximos. E foi a que melhor representou a realidade dos poços distribuídos na área do estudo.

Resultados e discussões

A análise dos perfis geológicos dos poços pesquisados revelou a predominância de frações granulométricas: argilas e arenitos argilosos e também de rochas intemperizadas. Estes conferem diferentes graus de infiltração e conseqüente diferentes graus de vulnerabilidade. Por outro lado, os arenitos e siltitos apresentam uma boa relação Porosidade/Permeabilidade, determinando uma maior facilidade de movimentação de contaminantes, caso eles existam nas águas subterrâneas. Os materiais argilosos apresentam maior grau de vulnerabilidade, e os materiais arenosos menor.

A Tabela 1 apresenta os usos da água e ilustra os parâmetros necessários ao uso do sistema *GOD* na avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação, a partir de 19 captações selecionadas. Notar que o principal uso da água subterrânea no Município é para uso na irrigação da cultura de arroz. Secundariamente, observa-se uso múltiplo incluindo o abastecimento humano e/ou utilização das águas por animais. Notar a ampla faixa de variação do nível da água subterrânea, entre 1 até 50m, com um valor médio de 21m. Portanto não foram identificadas surgências (nascentes) na área estudada.

Assim têm-se locais onde a água que é usada para consumo humano está na classe de média vulnerabilidade, portanto deve-se ter o cuidado de identificarem-se possíveis fontes poluidoras nestes locais (quadro 1).

Nº Poço	Uso Água	Nível Estático (m)	G	O	D	NOTA GOD	Vulnerabilidade
2022	Irrigação	11	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
8844	Irrigação	11	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
8847	Irrigação	8	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
8848	Múltiplo	27	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
8849	Doméstico	15	0,6	0,6	0,8	0,28	Baixo
8850	Irrigação	10	0,4	0,5	0,8	0,16	Baixo
8851	Irrigação	18	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
8858	Outros (lazer)	30	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
8865	Irrigação	44	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
8866	Irrigação	20	0,4	0,5	0,7	0,14	Baixo
8867	Múltiplo	47	0,2	0,7	0,7	0,09	Insignificante
8868	Múltiplo	4	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
8869	Múltiplo	45	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
8873	Irrigação	1	0,6	0,7	0,9	0,37	Médio
8875	Doméstico	50	0,2	0,6	0,6	0,07	Insignificante
8876	Múltiplo	20	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
8878	Urbano	5	0,6	0,6	0,9	0,32	Médio
8887	Industrial	23	0,4	0,4	0,7	0,11	Baixo
17427	Múltiplo	2	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante

QUADRO 1: Índice de vulnerabilidade do aquífero à contaminação, com base 19 captações sistema “GOD” e uso da água

Fonte: CPRM/SIAGAS (2012). Org. Carlos A. Löbler

Os poços estudos apresentam diferentes aspectos litológicos, como pode ser observado na figura 1, em que se exemplifica formações penetradas por poços tubulares, destacando as condições de aquífero livre na

Lobler, C. A.; Silva, J. L. S.; Martineli, G. V.; Ertel, T.

(ZA) e (ZC) do SAG. Notar no poço que ocorrem distintas situações interdigitação com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, elas podem formar derrames com espessuras variáveis, como ocorrerem como

diques de diabásio. Estes corpos maciços, com porosidade primária baixíssima, podem localmente dificultar o fluxo subterrâneo,

contribuindo para enriquecimento de sais e até em flúor (Silvério da Silva et al. 2002).

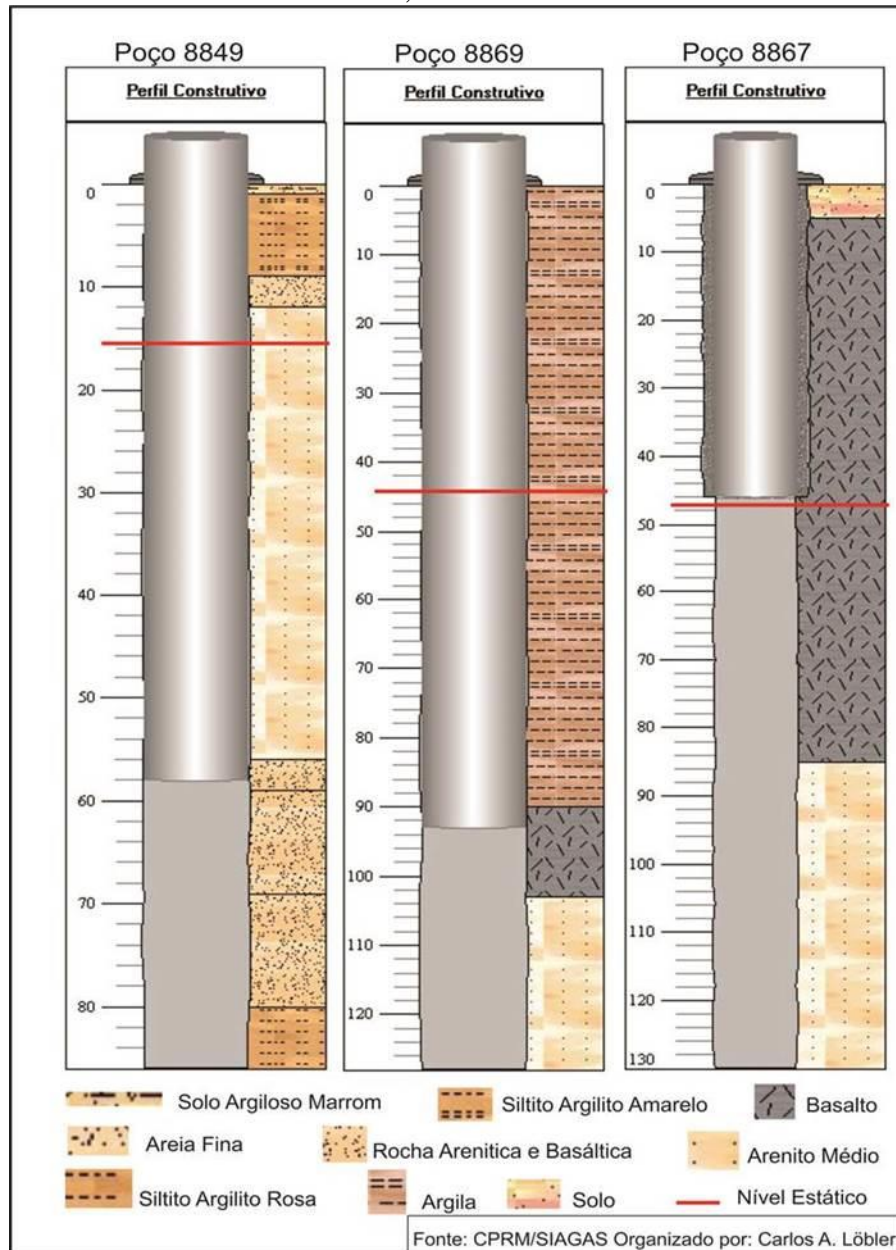


Figura 1. Perfis geológicos de alguns poços situados no município de Restinga Seca. A imagem representa: 1) poço 8849 ZA (SAG) aquífero livre, 2) poço 8869 ZC (SAG) aquífero confinado protegido por uma camada argilosa da Formação Santa Maria, Membro Alemoa e dique básico de basalto da Formação Serra Geral. 3) poço 8867 ZC (SAG), rocha vulcânica antiga, consolidada, aquífero cristalino fissural, notar arenitos na porção basal do poço.

No cartograma de vulnerabilidade, observa-se que a maior parte do território do município está inserido nas classes de vulnerabilidade insignificante e baixa e uma pequena parte em área de média vulnerabilidade, indicando baixo risco de contaminação (Figura 2). O estudo apontou

índice de vulnerabilidades do aquífero à contaminação para todo o município, variando de média (0,02%), insignificante (51,00%) e baixa (48,98%); quando consideramos apenas à área urbana, observa-se que uma vulnerabilidade média foi observado em 23,00% desta área, enquanto

que em 67,00% desta área o índice de vulnerabilidade foi considerado insignificante

(leitura realizada no programa ArcGIS 10)

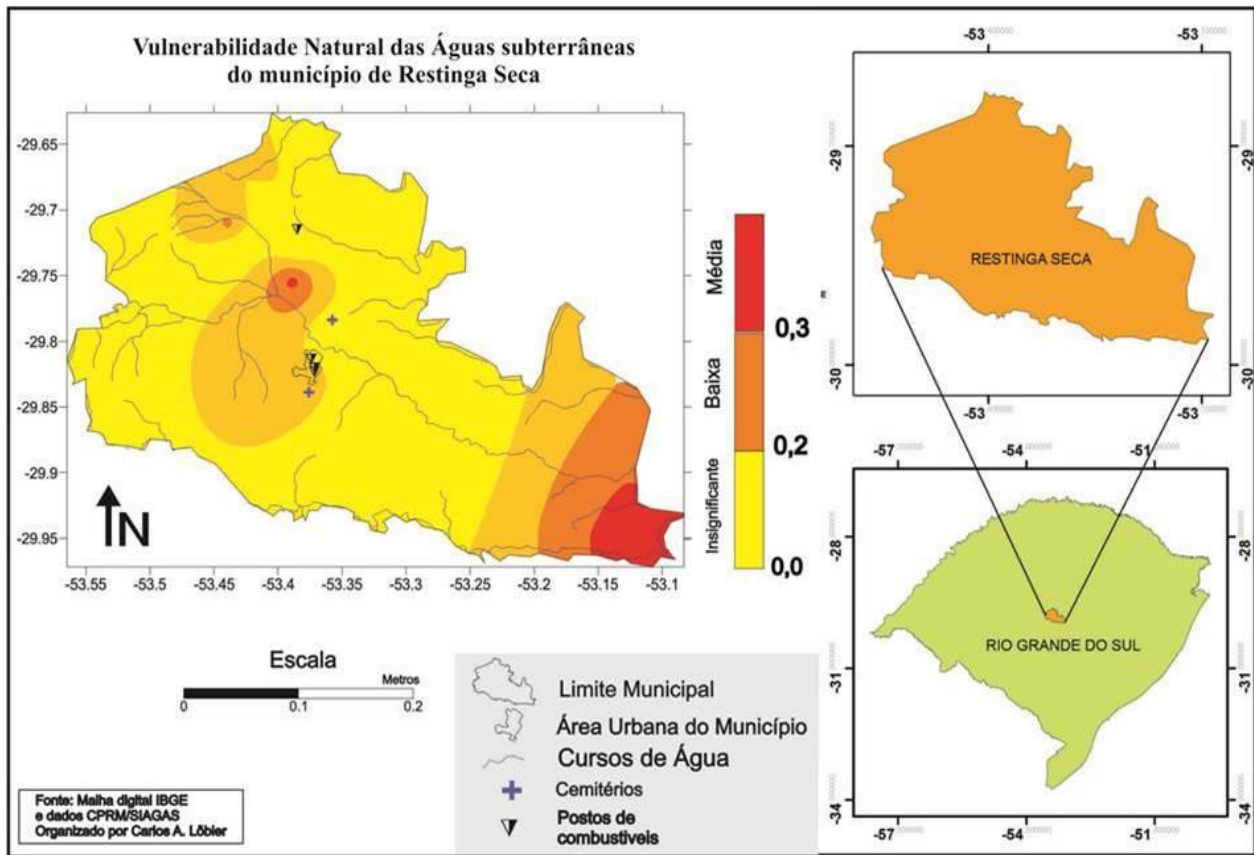


Figura 2. Cartograma da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município de Restinga Seca – RS

A predominância de classe insignificante e baixa deve-se a ocorrência de camadas argilosas impermeáveis, predominantes, as quais protegem os aquíferos na região do estudo. Com base na visualização da Figura 2, notou-se que os poços com maior risco de contaminação se situam mais ao Norte e no centro, e ainda no extremo Oeste do município, enquanto que as áreas menos vulneráveis se encontram no Sul/Sudeste e Noroeste deste.

No território do município de Restinga Seca percorrem três principais rios. Mais ao Norte este é banhado pelo rio Jacuí o qual é o de maior expressão, ao Sul pelo rio Vacacaí e no centro passando próxima a área urbana, o rio Vacacaí Mirim, os dois últimos desaguam no rio Jacuí (figura 2).

No município de Restinga Seca foram identificados três postos de combustíveis e dois cemitérios, os quais foram considerados fontes potenciais de contaminação para o

Lobler, C. A.; Silva, J. L. S.; Martineli, G. V.; Ertel, T.

aquífero, e que foram mapeados e apresentados na figura 2. O primeiro por manter armazenada uma grande quantidade de produtos possíveis de sofrer vazamento e de contaminar o aquífero. O segundo pela produção do necrochorume, comum em cadáveres em decomposição, que podem atingir o nível freático em zonas de aquíferos porosos, intergranulares, livres a semi-confinados quando ocorrem camadas arenosas interdigitadas. Esta variabilidade na distribuição e textura das camadas deve-se aos aspectos paleodeposicionais do Grupo Rosário do Sul, associado às formações Sanga do Cabral, Santa Maria (Membro Alemoa) (CPRM, 2008).

O estudo da tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas é importante para obter-se a direção da pluma em caso de contaminação. Como existem pontos potenciais de contaminação e circulação de água subterrânea, conhecendo-se a tendência

de direção do fluxo, pode-se planejar e prever ações voltadas a minimizar este risco ou, ainda, em casos mais graves, evitar a instalação de novos empreendimentos poluidores.

A Figura 3 ilustra as tendências de fluxo subterrâneo obtido a partir da superfície potenciométrica, indicando o peso de uma

carga sobre o datum de referência. Esta é obtida pela relação entre a cota altimétrica na boca do poço e o nível da água em relação ao *Datum* de referência (Heath, 1983). Notar no cartograma que os fluxos subterrâneos ocorrem principalmente nas direções Norte, Nordeste e Leste e assim podem ser estimadas interações com cursos de água.

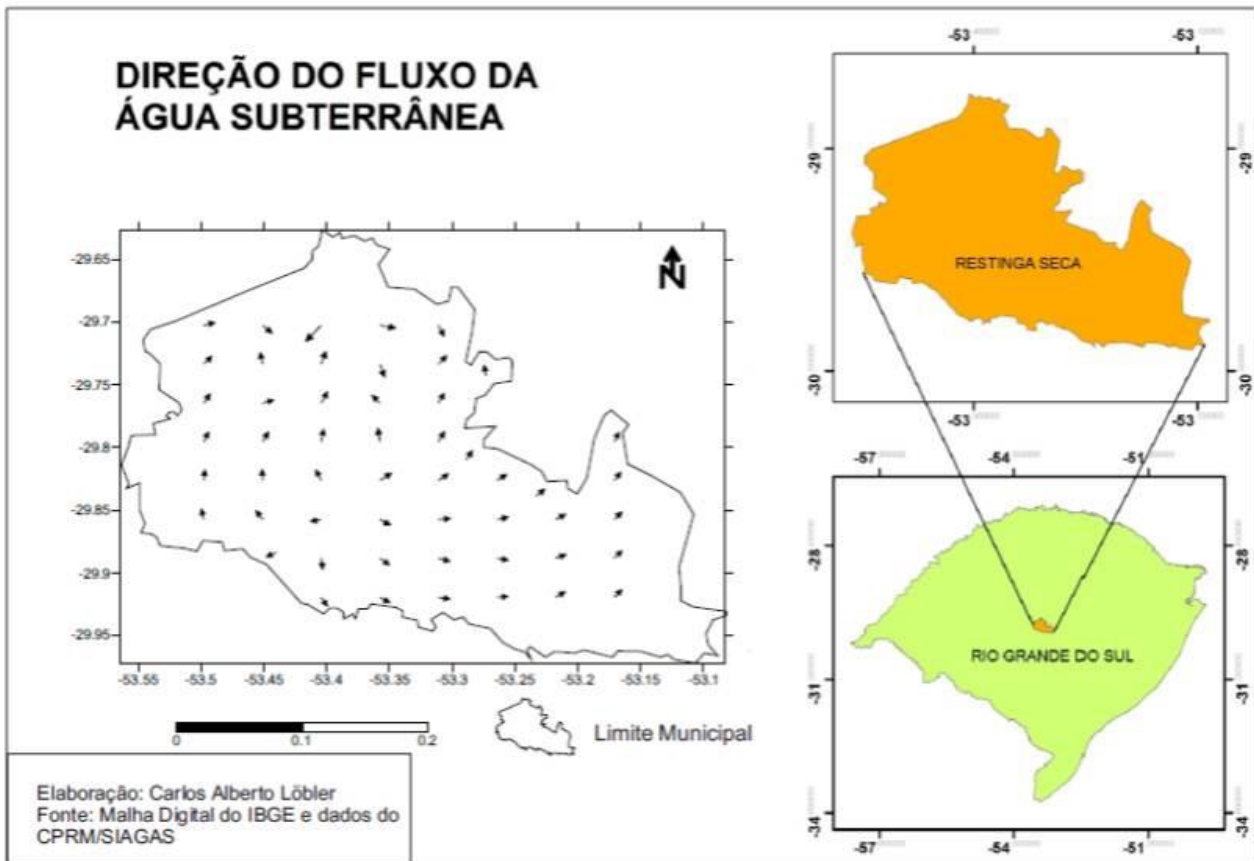


Figura 3: Cartograma de tendência de direção de fluxo das águas subterrâneas do município de Restinga Seca – RS. Uso do Programa Surfer 8, método de interpolação *krigagem*.

Conclusões

Este trabalho teve o intuito de contribuir com a preservação ambiental e no gerenciamento da zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani.

O município de Restinga Seca possui, em seu território, áreas de média, baixa e insignificante vulnerabilidade, com isso deve-se haver parcimônia quanto ao licenciamento de novas atividades potencialmente contaminantes, como postos de combustíveis, cemitérios, lavagens e aterros sanitários, entre outros. Além disso, deve-se haver constante monitoramento dos pontos já existentes.

O sistema “GOD” aplicado aos municípios é uma ferramenta muito importante para o planejamento, principalmente quanto ao uso e ocupação do solo, e pode servir de base para planos e projetos maiores, como, por exemplo, planos diretores municipais e planejamentos rurais e ambientais. Além de contribuir para preservar-se a qualidade e a quantidade de água subterrânea dos aquíferos, considerados uma reserva, para uso da atual e das futuras gerações.

O uso de geotecnologias se mostrou eficaz como ferramentas de apoio na realização do trabalho, pois foi possível

planejar e estudar os fatores, através da espacialização dos poços em cartogramas e das áreas mais susceptíveis à contaminação, fornecendo-se assim subsídios para o planejamento do uso e ocupação do solo. Foi possível a generalização em larga escala de componentes locais.

Agradecimentos:

FAPERGS/CAPES e ao CNPQ, pelas bolsas de estudo.

Referências bibliográficas

Ertel, T.; Lobler, C. A.; Silvério Da Silva, J. L. (2012). Índice de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. , v.7, p.1400 - 1408

Foster, S; Hirata, R; 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. São Paulo, Servemar. 104 p.

Kemerick, P. D. C.; Silvério da Silva, J.L.; Descovi Filho, L. L. V.; Volpato, Saucedo, E. M. (2011). Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro em Santa Maria-RS. Engenharia Ambiental (Online). v.1, p.085 - 098.

Marion, F. A.; Mello Filho, J. A. S.; Silvério SILVA, J. L. (2010). Análise da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas por geoprocessamento no Campus da UFSM/RS. Terr@ Plural (UEPG. Impresso), v.4, p.065 - 076.

Martelli, G. V; Löbler C. A; Silvério da Silva, J. L. (2011). Determinação de área de risco potencial de contaminação das águas subterrâneas na área urbana de Restinga Seca/RS. In: II International Congress on Subsurface Environment, 2011, São Paulo. Anais. II ABAS. CD-ROM.

Martinez, M. M.; Silvério da Silva, J. L.; Lopes, G. N. (2008). Avaliação da Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Santa Cruz do Sul, RS/Brasil. Agro@mbiente On-line. , v.2, p.1 - 8.

Riffel, E. S.; Silvério Da Silva, J. L. (2011). Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos no Município de Santa Rosa, RS. Revista do Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, v.22, p.3 - 28.

Silvério Da Silva, J. L.; Descovi Filho, L. L. V. (2010). Vulnerabilidade Das Águas Subterrâneas A Bacia Hidrográfica Do Rio Santa Maria-Rs. Revista Águas Subterrâneas. , v.24, p.1 - 17.

Silvério da Silva, J. L.; Hirata, R. C. A; Flores E. L. M; Dressler, V. L. (2002) Novas Hipóteses Sobre a Origem do Flúor no Sistema Aquífero Guarani na Depressão Central Gaúcha, Brasil. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2002. Anais. Florianopolis, SC. Anais. ABAS. CD-ROM.

Terra, L. G.; Löbler, C. A.; Silvério da Silva, J. L. (2013). Estimativa da Vulnerabilidade à Contaminação dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Município de Santiago-RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. , v.10, p.2208 - 2218.