

Aplicação do sistema GOD para determinar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Teutônia (RS)

The GOD system to determine the natural vulnerability of groundwater in the municipality of Teutônia (RS)

Tiago Feldkircher¹; Carlos Alberto Löbler²; José Luiz Silvério da Silva³

¹Engenheiro Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil

²Geógrafo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil

³Geólogo Dr. Professor do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil

Resumo

Na atualidade, o conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos é de extrema importância, visto que atividades industriais, agrícolas e de mineração estão em constante expansão, impactando, de diversas maneiras, a qualidade da água subterrânea. No município de Teutônia, localizado no interior do Estado do Rio Grande do Sul, não é diferente. Assim, o estudo tem por objetivo identificar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, calcular superfície potenciométrica e espacializar os resultados. Foram usadas informações cadastrais de captações por poços cadastrados no sítio da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais no Sistema de Águas Subterrâneas (SIAGAS/CPRM) do município de Teutônia, situado na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, na zona de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto da Serra Geral. Utilizando o sistema GOD, foram analisados 40 poços que penetram tanto o Sistema Aquífero Guarani/SAG quanto o Sistema Aquífero Serra Geral/SASG. Gerou-se o mapa de vulnerabilidade e o mapa da superfície potenciométrica, onde se identificou que a maioria das captações por poços tubulares possui um grau baixo de vulnerabilidade e que as áreas de baixo nível potenciométrico também são aquelas mais vulneráveis à contaminação. Como estudo preliminar, os resultados são importantes para auxiliar na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, assim como para abrir portas para outros trabalhos vinculados às águas subterrâneas desses sistemas aquíferos da região. Os resultados também serão úteis para os planos diretores de uso e ocupação dos solos em escala local.

Palavras-chave: Aquífero, Vulnerabilidade, Contaminação.

Abstract

Nowadays, knowledge of groundwater resources is extremely important, since industrial, agricultural and mining activities are expanding constantly, impacting in several ways on the quality of groundwater. The Teutônia municipality that is located in the countryside of Rio Grande do Sul state southern Brazil, isn't different. Thus this study aims to identify the natural vulnerability of the aquifer to contamination, calculate the potentiometric surface and spatialize these results. Wells that are registered at Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais in Groundwater Information System (SIAGAS/CPRM) for the Teutônia municipality was used. Using the GOD system, there were analyzed 40 tubulados wells. They penetrate Serra Geral Aquifer System/SASG and Guarani Aquifer System/GAS. Were generated the vulnerability map and the potentiometric surface map, and there was identified that most of the wells presented a low level of vulnerability and areas of low potentiometric level are also more vulnerable to contamination. As a preliminary study, the results are important to help in the groundwater resources management, as well as to open new work alternatives linked to groundwater of the section ion. The results are also useful for master plans and land use at local scale.

Keywords: Aquifer, vulnerability, Contamination.

I INTRODUÇÃO

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 (LÖBLER et al. 2013), contudo em muitos municípios ainda há carência de estudos deste nível.

O município de Teutônia encontra-se em uma região formada predominantemente por dois tipos de solos, formados pelo intemperismo de rochas pertencentes ao Grupo São Bento: as rochas areníticas da Formação Botucatu e as rochas básicas da Formação Serra Geral (MACHADO, 2005).

O Município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, que é uma das nove bacias da Região Hidrográfica do Guaíba. Está situada na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de 26.428 km², com 119 municípios com seu territórios inseridos, total ou parcialmente, dentro da bacia (Secretaria Estadual de Meio Ambiente/SEMA, 2005).

Mais especificamente sobre a água subterrânea, o município de Teutônia possui 71 (setenta e um) poços cadastrados no Sistema de águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (SIAGAS/CPRM). Porém deve-se salientar que somente 40 (quarenta) desses poços possuem informações completas para utilização e aplicação do sistema GOD (FOSTER et al. 2006). Notou-se que muitos dos poços cadastrados estavam sem nenhuma informação hidrodinâmica.

O objetivo, com o trabalho, é aplicar o sistema GOD aos poços tubulares do município de Teutônia, baseado nos cadastros CPRM/SIAGAS. A partir disso, pretende-se gerar mapas de localização dos poços por pontos, identificar o grau de vulnerabilidade dos poços e, ainda, calcular a superfície potenciométrica, espacializando-os.

I.1 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS

Geograficamente, o município de Teutônia está situado na micro-região colonial do Baixo Taquari. Esta micro-região pertence à encosta inferior do Planalto basáltico, com escarpa acentuada pela dissecação dos cursos inferiores do Rio Taquari e afluentes. A região está inserida no Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, na Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral.

A unidade geomorfológica corresponde aos terminais rebaixados em continuidade à Unidade Geomorfológica Serra Geral, que avançam sobre a Unidade Geomorfológica Depressão Periférica (Figura 1).

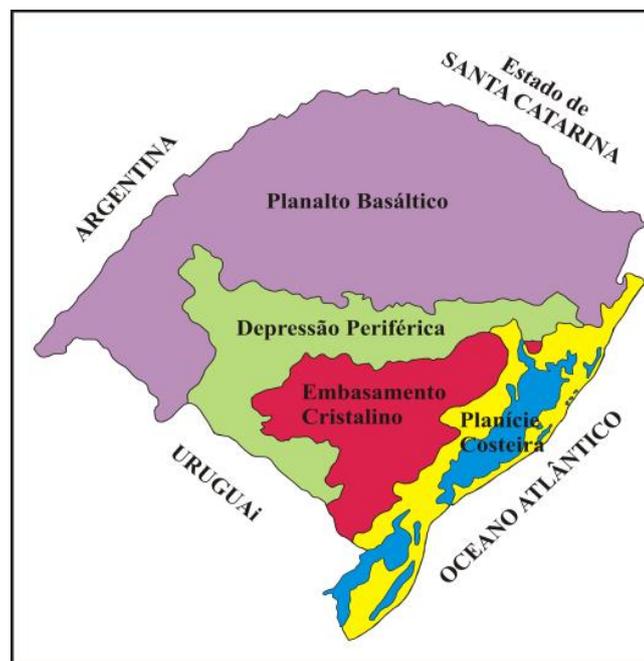


Figura 1 - Mapa das Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio Grande do Sul

Fonte: Paleotocas/UFRGS, 2014.

As rochas areníticas da Formação Botucatu possuem ocorrência restrita a cotas mais baixas e à presença de intraderrames (arenitos intertrápicos), apresentando uma coloração avermelhada, com partículas de areia fina e cimentada por óxido de ferro, formando estruturas sedimentares planares de alto ângulo, típicas de paleodunas eólicas.

Por outro lado, as rochas efusivas da Formação Serra Geral, denominadas basaltos, ocorrem no município de forma predominante, cobrindo esses arenitos. Elas apresentam coloração acinzentada, maciças e localmente apresentam-se com vesículas e amígdalas. Na área de intervenção ocorrem solos residuais.

Grande parte do território do município é composta por solos residuais, originados tanto da Formação Serra Geral quanto da Formação Botucatu.

A região é composta por solos residuais, originados das rochas vulcânicas, pertencentes à Formação Serra Geral, formando aquíferos cristalinos fissurais, denominados de Sistema Aquífero Serra Geral/SASG. Também ocorrem rochas sedimentares porosas, pertencentes aos arenitos da Formação Botucatu, que constituem o Sistema Aquífero Guarani/SAG. Esses arenitos ora estão na Zona de Afloramento (ZA) do SAG (OEA/PEA, 2009), ora estão confinados pelos derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, constituindo a Zona de Confinamento (ZC).

Quanto aos solos da região, os mesmos são predominantemente compostos por terra roxa, que é um tipo de solo bastante fértil, resultante de milhões de anos de decomposição de rochas (tanto de arenitos quanto de rochas efusivas de origem vulcânicas do tipo-basalto).

É caracterizado pela sua aparência vermelho-roxeada inconfundível, devido à presença de minerais oriundos da decomposição de plagioclásios sódico-cálcicos da série albita/anortita. Frequentemente são encontrados em parte de oito estados brasileiros, como nos estados do: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Informa-se que esses derrames de rochas vulcânicas estendem-se em parte do Uruguai, Paraguai e Argentina, onde são denominados de Lavas Arapey.

1.2 ASPECTOS HÍDRICOS (SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS)

O Vale do Rio Taquari apresenta uma ampla e densa rede hidrográfica. A hidrografia corresponde a 2,35% de sua área total. A rede hidrográfica do Vale do Rio Taquari é classificada como mediana, apresentando uma densidade de 13,08 metros por hectare. De modo geral, predominam cursos de água de pequenas dimensões, localmente denominados de arroios, apresentando até 10 metros de largura. Porém, em termos de área coberta por lâmina de água, o Rio Taquari e os demais rios de terceira ordem correspondem a 64,55% (ECKHARDT et al., 2007).

O município é banhado, principalmente, pelo Arroio Boa Vista, que é afluente do Rio Taquari. Porém possui vários córregos e pequenos arroios que são afluentes do Arroio Boa Vista, entre eles estão os Arroio Frank, Arroio Harmonia, Arroio Vermelho e Arroio Águas Claras.

1.3 SISTEMA GOD DE ESTUDO DE VULNERABILIDADE

O sistema GOD foi desenvolvido por Foster e Hirata (1987) e aperfeiçoado ao longo dos anos, chegando a última versão de Foster et al. (2006), como uma metodologia para avaliação da vulnerabilidade da água subterrânea à contaminação adequada nas condições brasileiras e caribenhas, áreas com baixa disponibilidade de informações hidrodinâmicas de poços. É uma metodologia simples, bastante utilizada para as condições brasileiras e de fácil aplicação, pois somente é necessária a avaliação de três parâmetros.

Na literatura encontram-se várias aplicações do Sistema GOD na avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no estado do Rio Grande do Sul. Em rochas sedimentares arenosas, formadoras de aquíferos porosos intergranulares, na zona de afloramentos (ZA), do Sistema Aquífero Guarani/SAG (OEA/PEA/2009): tem pesquisas de Martinez e Silvério da Silva (2008) no Município de Santa Cruz do Sul, Marion et al., (2010); Silvério da Silva e Descovi Filho (2010) na bacia do Rio Santa Maria, Kemerich et al., (2011) no Município de Santa Maria, Ertel et al., (2012) no Município de Rosário do Sul, Terra et al. (2013) no Município de Santiago, e Löbner et al., (2013) no município de Restinga Seca. Todos no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Já em rochas vulcânicas, que cobrem mais da metade do Estado do Rio Grande do Sul, constituem aquíferos cristalinos fissurais, pertencentes ao Sistema Aquífero Serra Geral/SASG. Nesse sistema aquífero encontraram-se pesquisas com aplicação do sistema GOD no Município de Erechim

Silvério da Silva et al. (2013), Silvério da Silva et al. (2014) no Município de Boa Vista do Cadeado e Terra et al., (2013) em Santiago. No Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

2 METODOLOGIA

Neste item são apresentadas, de forma sucinta, as metodologias utilizadas no desenvolvimento da pesquisa, a fim de atingir os objetivos propostos. O trabalho foi realizado utilizando-se informações hidrodinâmicas coletadas do sistema SIAGAS (CPRM), Serviço Geológico do Brasil, atualizadas.

O município de Teutônia possui 71 poços cadastrados no SIAGAS (CPRM), porém somente 40 deles possuem todas as informações necessárias para aplicação do sistema GOD, portanto 31 dos poços tubulares cadastrados no SIAGAS não foram considerados para a pesquisa.

Foi utilizado um editor de planilhas Microsoft Excel para tabulação e levantamento dos dados e informações. Também foram utilizados os programas Surfer 8.0 e ArcGIS 10 para espacializar, visualizar e gerar mapas com a vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea. Adotou-se, para espacialização, o Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator/UTM. O SIAGAS/CPRM adota o Datum horizontal SAD 69 (South America Datum) e o Datum vertical o Porto de Imbituba/Santa Catarina.

2.1 SISTEMA GOD

Para a realização das análises, foi utilizado o sistema GOD, que avalia cada um dos poços tubulares cadastrados nos seguintes parâmetros hidrodinâmicos:

Grau de confinamento da água subterrânea (G): que se classifica em cinco distintas faixas de pontos, sendo atribuídas as notas entre zero para as nascentes ou sem confinamento; 0,2 para poços confinados; 0,4 para poços semiconfinados; 0,6 para poços não confinados (coberto) e 1,0 para poços confinados;

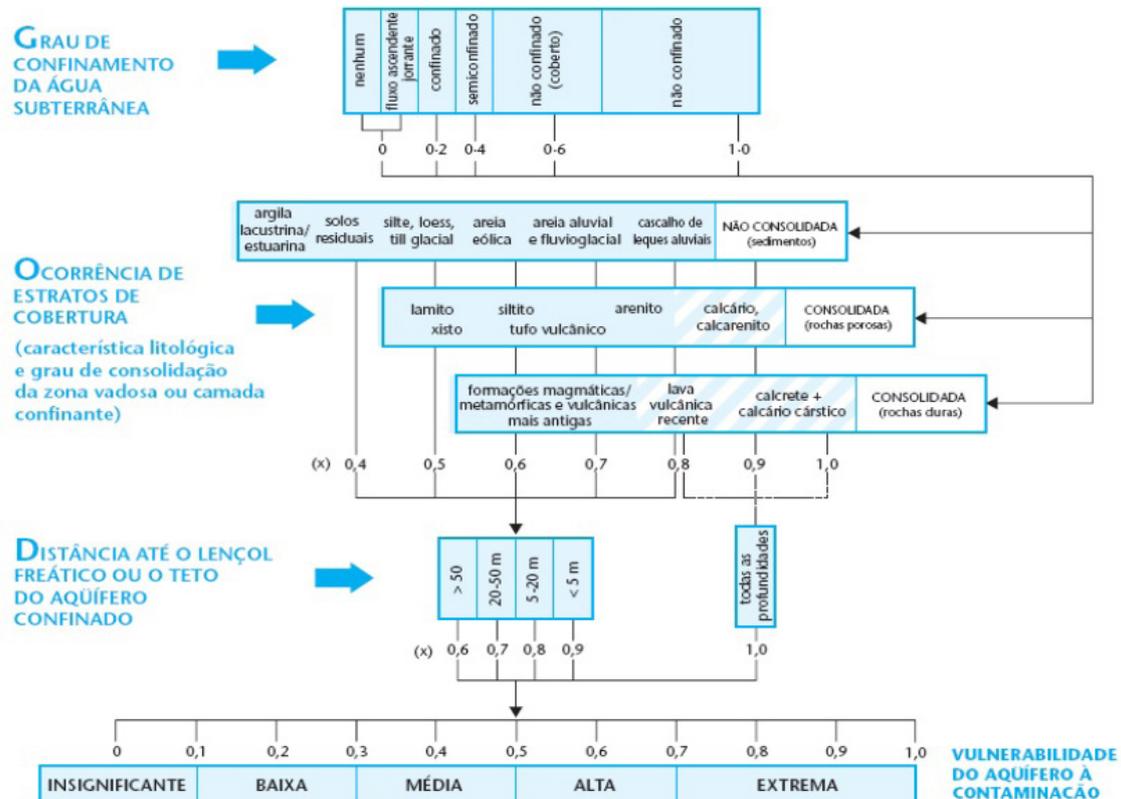


Figura 2 - Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação.

Fonte: Foster et al. (2006).

Ocorrência de estratos de cobertura (O): que classifica a litologia em segmentos não consolidados (sedimentos), consolidados (rochas porosas) e consolidados (rochas duras), atribuindo pontuações entre a faixa 0,4 e 1,0, conforme a classificação;

Distância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado (D): que classifica a captação por poço conforme a distância até o lençol freático, sendo que essa verificação é realizada através do nível estático do poço avaliado. A classificação é determinada com 0,6 pontos para distâncias maiores de 50 m; 0,7 pontos para distâncias entre 20 e 50 m; 0,8 pontos para distâncias entre 5 – 20 m; 0,9 pontos para distâncias menores de 5 m e 1,0 para todas as profundidades. Informa-se que os três parâmetros variam entre zero e um (FORTER et al. 2006) e estão apresentados na figura 2.

Assim que todos os pontos foram contabilizados, multiplica-se o valor dessas pontuações e do valor encontrado será considerada a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, seguindo a seguinte pontuação: - Insignificante: valores de 0 a 0,1; - Baixa: valores de 0,1 a 0,3; - Média: valores de 0,3 a 0,5; - Alta: valores de 0,5 a 0,7; - Extrema: valores de 0,7 a 1,0.

As informações da metodologia podem ser visualizadas na figura 2.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresentam-se a seguir os resultados encontrados na pesquisa realizada com uso de 40 captações de água por poços do SIAGAS/CPRM.

3.1 GRAU DE CONFINAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Somente dois, dos quarenta poços avaliados, apresentavam a informação como não confinado (livre), de acordo com a metodologia, os restantes foram classificados como poços confinados, por estarem abaixo de camadas rochosas (principalmente de basaltos), oriundas de derramamento basálticos de períodos anteriores.

3.2 OCORRÊNCIA DE ESTRATOS DE COBERTURA

Como descrito anteriormente nas características dos solos e rochas, em todos os poços avaliados, foi possível verificar que a composição é basicamente de basalto, comprovando a informação de que Teutônia faz parte da Formação Serra Geral.

Em poucos poços foi possível observar, também, a ocorrência de algumas insurgências de arenito fino e médio, principalmente na parte mais superficial do solo, fato esse característico da Formação Botucatu.

3.3 DISTÂNCIA ATÉ O LENÇOL FREÁTICO OU O TETO DO AQUÍFERO CONFINADO

Em relação à distância até o lençol freático, ocorre uma variação, de grande amplitude, da profundidade, ocorrendo, conseqüentemente, a variação da pontuação.

Seis dos poços foram classificados com mais de 50m (cinquenta metros) de nível da água, indicando o grau de dificuldade até atingir o teto do aquífero, portanto recebe nota menor. Observou-se que quatro poços estão na classificação entre 20 e 50m (vinte e cinquenta metros), enquanto cerca de vinte poços possuem uma distância entre 5 e 20m (cinco e vinte metros) do teto do lençol freático e, ainda, 10 poços ficaram a menos de 5m (cinco metros) do teto do lençol freático.

3.4 VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO A CONTAMINAÇÃO

No quadro 1, são apresentados, além dos resultados da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município de Teutônia, o código do poço conforme CPRM/SIAGAS e, ainda, a localidade dos mesmos.

3.5 DISTÂNCIA DOS POÇOS

Foi avaliada a localização dos poços, buscando-se estimar possíveis interferências entre captações. Assim, identificou-se a maior distância entre os poços, que foi de 16.400 m (dezesseis mil e quatrocentos metros). Já a menor distância entre os poços foi de 35 m (trinta e cinco metros). Essa menor distância pode ser um ponto negativo, pois pode haver interferência nos regimes de bombeamento, bem como na recuperação do aquífero captado.

Quadro 1 – Resultados da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município de Teutônia, RS

Código do	Localidade	G	O	D	Índice de	Classe de
4300001801	Teutônia	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300001802	Sede Corsan Teutônia	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300001803	R. Albino Schneideer	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300001804	Canabarro	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300002026	Canabarro	1,0	0,7	0,9	0,63	Alta
4300002265	Canabarro	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300002266	Canabarro	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300002267	Canabarro	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300002349	Canabarro	1,0	0,7	0,9	0,63	Alta
4300008016	Linha Catarina	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300008020	Linha Pontes Filho	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008022	Linha Clara	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008024	Linha Clara	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008025	Linha Clara Linha Frank	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008026	Linha Frank	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008027	Linha Frank	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008028	Linha Frank	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008029	Linha Harmonia	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008030	Linha Welpp	0,2	0,7	0,7	0,09	Insignificante
4300008031	Linha Wink	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008033	Linha Boa Vista	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300008034	Boa Vista	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300008035	Languiru	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008036	Linha Germânia	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008037	São Jacó	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008038	Via Láctea Posto Canteiros	0,2	0,7	0,9	0,13	Baixa
4300008039	Linha São Jacó	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008040	Rua Guilherme Birkheur	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008043	Linha Harmonia Alta	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008044	Rodovia RST453 km15	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008045	Colégio Teutônia	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008046	Sede	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008048	Rua Sete de Setembro	0,2	0,7	0,7	0,09	Insignificante
4300008049	Rua Sete de Setembro	0,2	0,7	0,7	0,09	Insignificante
4300008053	Fazenda São José	0,2	0,7	0,7	0,09	Insignificante
4300008065	Sede	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008066	Sede	0,2	0,7	0,6	0,08	Insignificante
4300008067	Rua Daltro Filho 2044	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300008073	Posto de Saúde Municipal	0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa
4300021804		0,2	0,7	0,8	0,11	Baixa

Fonte: CPRM/SIAGAS. Organizado pelos autores. (<http://www.cprm.gov.br/siagas>).

3.6 MAPA DE VULNERABILIDADE

Conforme o mapa de vulnerabilidade apresentado na figura 3, é possível observar a espacialização da vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação, de acordo com as informações analisadas e obtidas através da avaliação do método GOD.

Conforme leituras feitas com apoio do programa ArcGIS 10, a área de vulnerabilidade insignificante foi de 44,96 km², para áreas de baixa vulnerabilidade foram 116,84 km², a maior parcela, portanto, da área avaliada. Enquanto para a área de alta vulnerabilidade foram estimados cerca de 17,00 km².

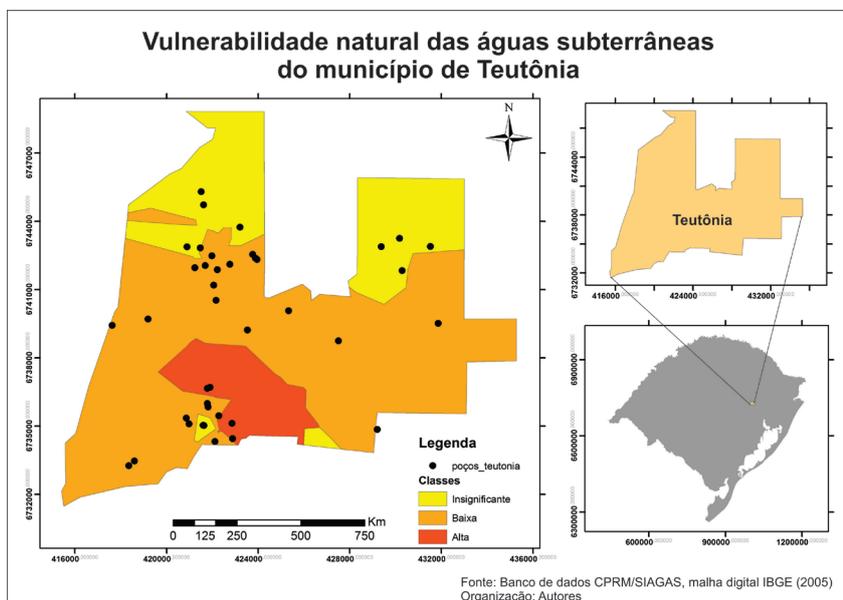


Figura 3 – Mapa da vulnerabilidade do aquífero à contaminação do município de Teutônia/RS.

3.7 MAPA DE SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA

A confecção do mapa da superfície potenciométrica, feito pelo cálculo do nível estático menos a cota altimétrica do terreno, é apresentado (HEATH, 1983) na figura 4. Observando-se os mapas (figuras 3 e 4), notam-se algumas semelhanças, como áreas de maior valor de cargas estimada pela superfície potenciométrica também são aquelas áreas de menor índice de vulnerabilidade. Observou-se uma amplitude de 35 m até cerca de 130 m.

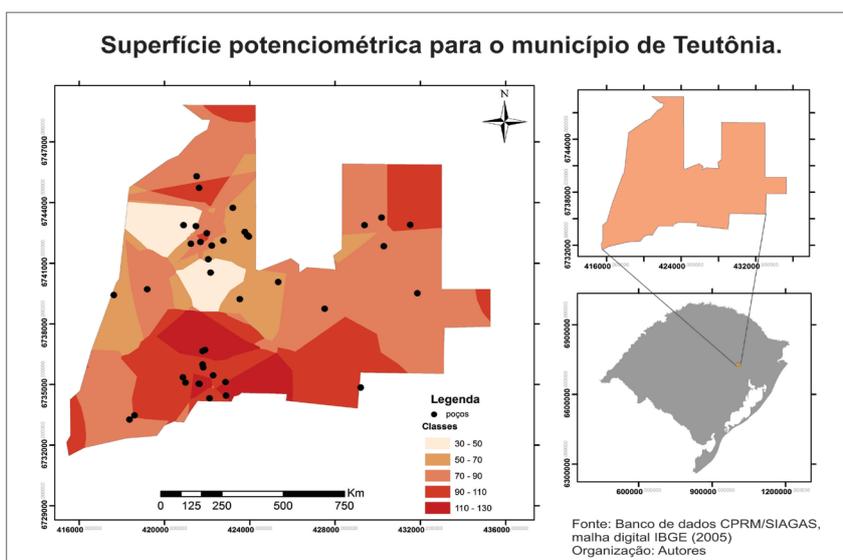


Figura 4 – Mapa da superfície potenciométrica no município de Teutônia/RS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo, de forma preliminar, foi possível observar que a maior parte dos poços do município de Teutônia, de acordo com o sistema *GOD*, estão com um risco baixo de vulnerabilidade de contaminação, o que representa pouca possibilidade de contaminação. Porém, é sempre necessário o cuidado e a atenção com a destinação de resíduos e tratamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, a fim de evitar a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas.

O mapeamento da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município se mostrou uma ferramenta importante para a correta gestão do recurso hídrico subterrâneo. Sendo importante para o município a inclusão de projetos deste nível e a temática nos futuros planos diretores de uso e ocupação do solo.

Sabe-se que esse é um estudo preliminar, mas é importante aprofundar e realizar mais trabalhos desse tipo no município, já que todo o abastecimento urbano e industrial no município de Teutônia é realizado através de poços tubulares perfurados por comunidades/associações de água e indústrias. Dessa forma, como estimado na presente pesquisa, muitas vezes podem ocorrer interferências nos regimes de bombeamento entre poços e, também, na recarga do aquífero.

Também é importante ressaltar a necessidade de atualização dos dados e dos poços cadastrados junto ao SIAGAS (CPRM), já que existem diversos poços na cidade que ainda não foram cadastrados. Essas informações poderiam ser adquiridas com um estudo amplo, vinculado ao órgão ambiental responsável pelas liberações de anuência prévia e, também, outorga dos poços (DRH- SEMA).

AGRADECIMENTOS

FAPERGS/CAPES e CNPq pelo fomento a pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL/CPRM/SIAGAS Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - Banco de dados dos poços cadastrados em Teutônia, disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php> acesso em 27 de dezembro de 2013.

SURFER 8. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. GONDEN SOFTWARE, Inc. 2002, 640p. Licenced to UFSM/Brazil.

ECKHARDT, R. R., REMPEL, C., SALDANHA, D. L., GUERRA, T. e PORTO, M. L. Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari - RS - Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Florianópolis, 2007.

ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. Licenced to UFSM/Brazil.

ERTEL, T.; LÖBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Índice de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v.7, p.1400 – 1408, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/223611705962>

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: WHO/PAHO/HPE/CEPIS, 1987, 87 p.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. Groundwater Management Advisory GW. MATE WB. 2006.

Paleotocas/UFRGS. Disponível em < <http://www.ufrgs.br/paleotocas/RioGrandedoSul.htm>. Acesso em 14 de maio de 2014.

KEMERICK, P. D. C.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; VOLPATTO, F.; SAUCEDO, E. M. 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. 2011.

LÖBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; MARTELLI, G. V.; ERTEL, T. Pontos Potenciais de Contaminação e Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas do Município de Restinga Seca - RS. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 06, p. 500-509, 2013.

MACHADO, J. L. F. Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Sedimentar (UNISINOS). São Leopoldo, RS. 1995, 238 p..

MARTINEZ, M. M.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; LOPES, G. N. Avaliação da Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Santa Cruz do Sul, RS/Brasil. Agro@ambiente On-line, v.2, p.1 – 8. 2008.

MARION, F. A.; MELLO FILHO, J. A. S.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Análise da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas por geoprocessamento no Campus da UFSM/RS. Terr@ Plural (UEPG. Impr.), v.4, p.065 – 076, 2010. <http://dx.doi.org/10.5212/TerraPlural.v4i1.065076>.

Organização dos Estados Americanos/OEA/Programa Estratégico de Ação/PEA. Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. 2009. Edição Bilingue., OEA, janeiro de 2009. P.424.

RAMBO, P. B. Fisionomia do Rio Grande do Sul. 3ª Ed. São Leopoldo: Unisinos, 1994.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DESCOVI FILHO, L. L. V. Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS. Revista Águas Subterrâneas, v.24, p.1 – 17, 2010.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; LORENSI, R. P.; CRUZ, J. C.; ELTZ, F. L. Vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral à contaminação no Município de Erechim - Rio Grande do Sul - Brasil. Ciência e Natura, v. 35, p. 10-23, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/2179-460X0746>.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; NASCIMENTO, L. M.; LÖBLER, C. A. Mapeamento das águas subterrâneas do município de Boa Vista do Cadeado/RS. Revista Monografias Ambientais, v. 14, p. 3061-3074, 2014. <http://dx.doi.org/10.5902/223613085688>.

TERRA, L. G.; LÖBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. 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, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/223611707887>.