

**CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E VULNERABILIDADE DO
AQUÍFERO CONFINADO NO MUNICÍPIO DE VACARIA-RS**

Haline Dugolin Ceccato¹; Victor Hugo Braga²; Paulo Castro Cardoso da Rosa³; Heloise Dugolin Ceccato⁴;

Resumo – A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as características naturais das águas subterrâneas do município de Vacaria - RS, localizado a uma latitude 28° 30' 44" Sul e a uma longitude 50° 56' 02" Oeste. O município possui 64 poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) contendo todas as informações necessárias para o estudo. Os poços catalogados tiveram variações de profundidade de 90,11 ± 45,1, com valores que variaram de 13,5 a 204 metros. O nível estático da água variou de 0,4 a 37,6 metros, tendo como média o valor de 7,62 ± 7,1 metros. A aplicação do método GOD evidenciou os seguintes índices de vulnerabilidade da água subterrânea do município: 3,1% vulnerabilidade alta; 4,7% vulnerabilidade média; 21,9% vulnerabilidade insignificante e predominando a vulnerabilidade baixa com 70,3%. Este trabalho mostra-se importante para futuros Estudos de Impacto Ambiental e para análises relacionadas à implantação de empreendimentos com potenciais de contaminação à água subterrânea.

Abstract – The present research had as objective to evaluate the natural characteristics of groundwater of the municipality of Vacaria - RS, located at a latitude 28° 30' 44" South and a longitude 50° 56' 02" West. The county has 64 wells registered in the Groundwater Information System (SIAGAS) has all the necessary information for the study. The wells cataloged had depth variations of 90.11 ± 45.1, with values varying from 13.5 to 204 meters. The static water level ranged from 0.4 to 37.6 meters, averaging 7.62 ± 7.1 meters. The application of the GOD method revealed the following levels of vulnerability of the groundwater of the municipality: 3.1% high vulnerability; 4.7% average vulnerability; 21.9% insignificant vulnerability and predominating the low vulnerability with 70.3%. This work is important for future Environmental Impact Studies and for analyzes related to the implementation of projects with potential contamination of groundwater.

Palavras-Chave – Abastecimento; poços; Engenharia Ambiental; Monitoramento.

¹ Acadêmica de Geologia, Universidade Federal do Pampa: Caçapava do Sul - RS, (51) 98117-2433, haline.ceccato@hotmail.com

² Acadêmico de Eng. Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Pampa: Caçapava do Sul - RS, (55) 99630-9703, victorhbraga@yahoo.com.br

³ Acadêmico de Eng. Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Pampa: Caçapava do Sul - RS, (53) 99630-9703, pcastrocardosodarosa@gmail.com

⁴ Engenheira Ambiental, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", (19) 99651-3488, heloise_dc@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Vacaria é um município gaúcho localizado a aproximadamente 240 km da capital Porto Alegre. Localiza-se a uma latitude $28^{\circ} 30' 44''$ Sul e a uma longitude $50^{\circ} 56' 02''$ Oeste, com altitude de 971 metros. Sua população, de acordo com a estimativa feita pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2016, é de 61.345 habitantes, possuindo uma área de 2.123,674 km² (IBGE, 2015). Está localizada na bacia do Uruguai, na sub-bacia dos Rios Uruguai (CPRM, 2017). A sua localização no Estado do Rio Grande do Sul pode ser vista a partir da Figura 1.

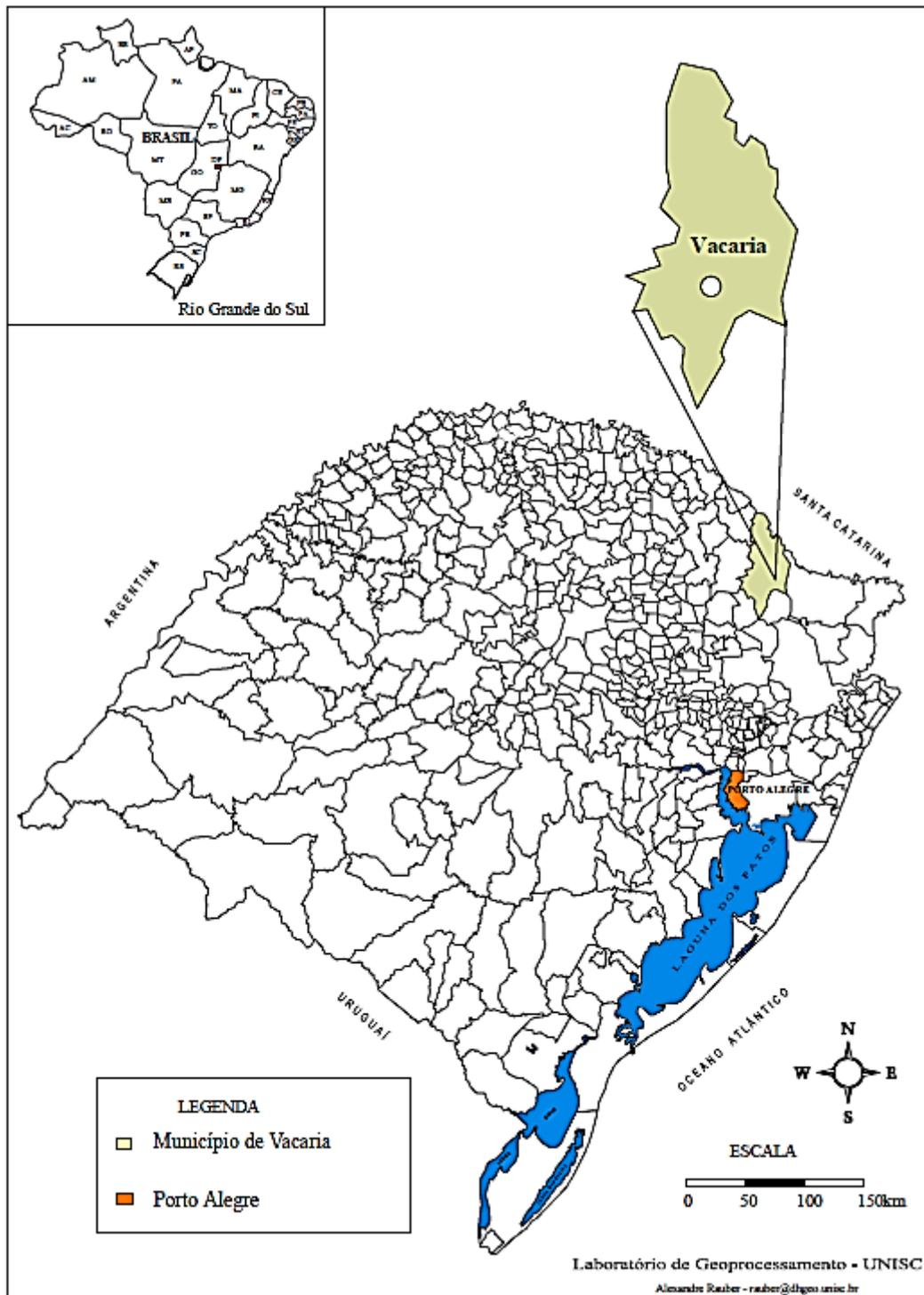


Figura 1. Localização do município de Vacaria
Fonte: adaptado de Canêz, 2005.

A água se faz necessária em todas atividades da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial até os valores culturais e religiosos. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, servindo como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais. Devido a isso, medidas de controle dos impactos ambientais são essenciais para evitar que a sua qualidade decaia para níveis abaixo do permitido na legislação, o que poderia prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população.

A Resolução Nº 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 11 de janeiro de 2011, considera que águas subterrâneas são aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. Além disso, aquíferos são formações geológicas que possuem capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

A Resolução Nº 001 do CONAMA, de 23 de janeiro de 1986, considera que impacto ambiental é toda alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas.

Segundo a Resolução CONAMA Nº 396 de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea, como o pH, a turbidez, a condutividade elétrica e a medição do nível da água. Tundisi et al. (2008) relata que os principais problemas enfrentados atualmente no controle de riscos de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos são o crescimento populacional urbano, o qual amplia a descarga de efluentes contaminados e aumenta a demanda de água para abastecimento humano; os baixos investimentos em infraestrutura, especialmente em zonas mais pobres dos municípios, levando a perdas na rede de até 30%; problemas na falta de articulação e falta de ações consistentes na governabilidade dos recursos hídricos e na sua sustentabilidade ambiental.

Vrba & Zaparozec (1994 *apud* RIBEIRA, 2004) explicam que, de um modo geral, o termo vulnerabilidade natural é definido como sendo a suscetibilidade do aquífero à contaminação. Foster et al. (2013) complementa que a vulnerabilidade é o conceito inverso da capacidade de assimilação de contaminantes por um corpo hídrico receptor. A vulnerabilidade natural é afetada por fatores como as características geológicas locais, os parâmetros hidráulicos, o regime de recarga do aquífero, as características hidrológicas e a espessura da zona saturada (RIBEIRA, 2004).

O aquífero predominante na região do município de Vacaria no estado do Rio Grande do Sul é o Sistema Aquífero Serra Geral II, este sistema está presente na região oeste do estado, nos limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e nas litologias gonduânicas, além da extensa área nordeste do planalto associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Predomina em sua litologia os riolitos, riodacitos e em menor proporção, basaltos fraturados (FREITAS et al, 2005).

As áreas que possuem uma maior vulnerabilidade necessitam de cuidados especiais, evitando que empreendimentos que executem atividades potencialmente contaminadoras sejam instalados nesses locais. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar a vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea do município de Vacaria/RS.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados neste trabalho os dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, obtidos a partir do site www.cprm.gov.br. Após a coleta dos dados, as informações foram reunidas utilizando o Software Excel 2013, a fim de gerar um banco de dados. Com a utilização do Software Surfer 13, foram analisados os dados de nível estático, profundidade, nível dinâmico, cota do terreno e vazão específica, além do perfil de cada poço, como mostrado na Figura 2.

Foram levantadas as seguintes características dos poços, disponíveis no SIAGAS: profundidade, cota topográfica, nível estático, vazão específica, natureza, condição, situação, uso da água, tipo de captação e condutividade elétrica.

Além disso, foi aplicado o método GOD a fim de caracterizar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação a partir dos seguintes parâmetros:

- G** – Grau de confinamento do poço;
- O** – Ocorrência do estrato de cobertura (litologia);
- D** – Distância até o nível de água;

São indicados valores para cada um dos parâmetros acima, os quais variam de 0,0 a 1,0. Através do produto dos três valores gerados, são estabelecidos os Índices de Vulnerabilidade Padrão para cada poço e, com isso, são atribuídos os graus de vulnerabilidade do aquífero à contaminação – insignificante, baixo, médio, alto ou extremo (Foster et al., 2006). Os valores encontrados nos dados do SIAGAS e através do método GOD foram especializados em mapas elaborados com os softwares Surfer 13 e ArcGIS 10.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos perfis geológicos dos poços pesquisados revelou a predominância de litologias do tipo basalto, solos argilosos e arenosos. Estes tipos de litologia possuem diferentes graus de vulnerabilidade, tendo em vista as suas diferenças de granulometria e porosidade. Além disso, outros fatores como a profundidade, a cota, o nível estático, a vazão específica, a natureza do poço, sua condição, o uso da água, a situação, o tipo de captação e a condutividade elétrica também são importantes na análise da vulnerabilidade do aquífero.

3.1 Características dos poços

- *Profundidade*: Os níveis de profundidade dos poços analisados apresentaram valor médio de $90,1 \pm 45,1$, com valores variando de 13,5 a 204 metros.

- *Cota topográfica*: É a diferença da altura do terreno onde está situado o poço até o nível do mar. Foi constatado que as cotas dos poços são entre 888 a 981 metros. A cota média é de aproximadamente $931 \text{ metros} \pm 21$. A Figura 2-A evidencia a espacialização das cotas dos poços.

- *Nível estático*: É o nível em que a água está estabilizada em um poço, de acordo com o nível d'água, quando o processo de bombeamento não está em andamento. A variação foi de 0,4 até 37,9 metros, com média de $7,63 \text{ metros} \pm 7,1$. A espacialização dos dados, referentes ao nível estático, pode ser vista na Figura 2-B. O nível estático de cada poço é mostrado no Quadro 1.

- *Vazão específica*: É a razão entre o rebaixamento da fonte e a vazão que se encontra o sistema de bombeamento do poço. Foram obtidas informação de apenas 20 poços. Os valores variaram de $0 \text{ m}^3/\text{h}$ a $20 \text{ m}^3/\text{h}$, com valor médio de $2,18 \text{ m}^3/\text{h} \pm 4,98$.

- *Natureza*: Todos os 69 poços cadastrados são poços tubulares. Esse tipo de poço apresenta-se como uma estrutura hidráulica vertical, com a função de captar a água diretamente do aquífero.

- *Condição*: Do total de poços cadastrados, 59 são instalados em aquífero confinado e 10 não possuem informações.

- *Situação*: 8 poços encontram-se atualmente abandonados, 44 bombeando, 2 estão equipados, 1 está fechado, 2 não-instalados, 2 estão parados, 1 está seco e 4 não possuem informações a respeito da situação atual.

- *Uso da água*: De acordo com as informações dispostas, 5 poços são destinados apenas ao uso doméstico (7,8%), 2 poços são destinados ao uso doméstico e irrigação (3,1%), 5 poços

para pecuária (7,8%), 11 para uso industrial (17,2%) e 41 para uso múltiplo (64,1%). A informação sobre o uso da água de cada poço pode ser vista no Quadro 1.

- *Tipo de captação:* 59 são do tipo de captação simultânea, enquanto que apenas 5 possuem o tipo de captação única, os outros 5 não possuem informações.

- *Condutividade elétrica:* Ao todo, 54 poços possuem informações acerca da condutividade elétrica da água, a qual variou de 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ até 353 $\mu\text{S}/\text{cm}$, resultando na média de 141,5 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 70,0$. A espacialização dos dados referentes à condutividade elétrica é mostrada na Figura 2-C.

3.2 Vulnerabilidade pelo método GOD

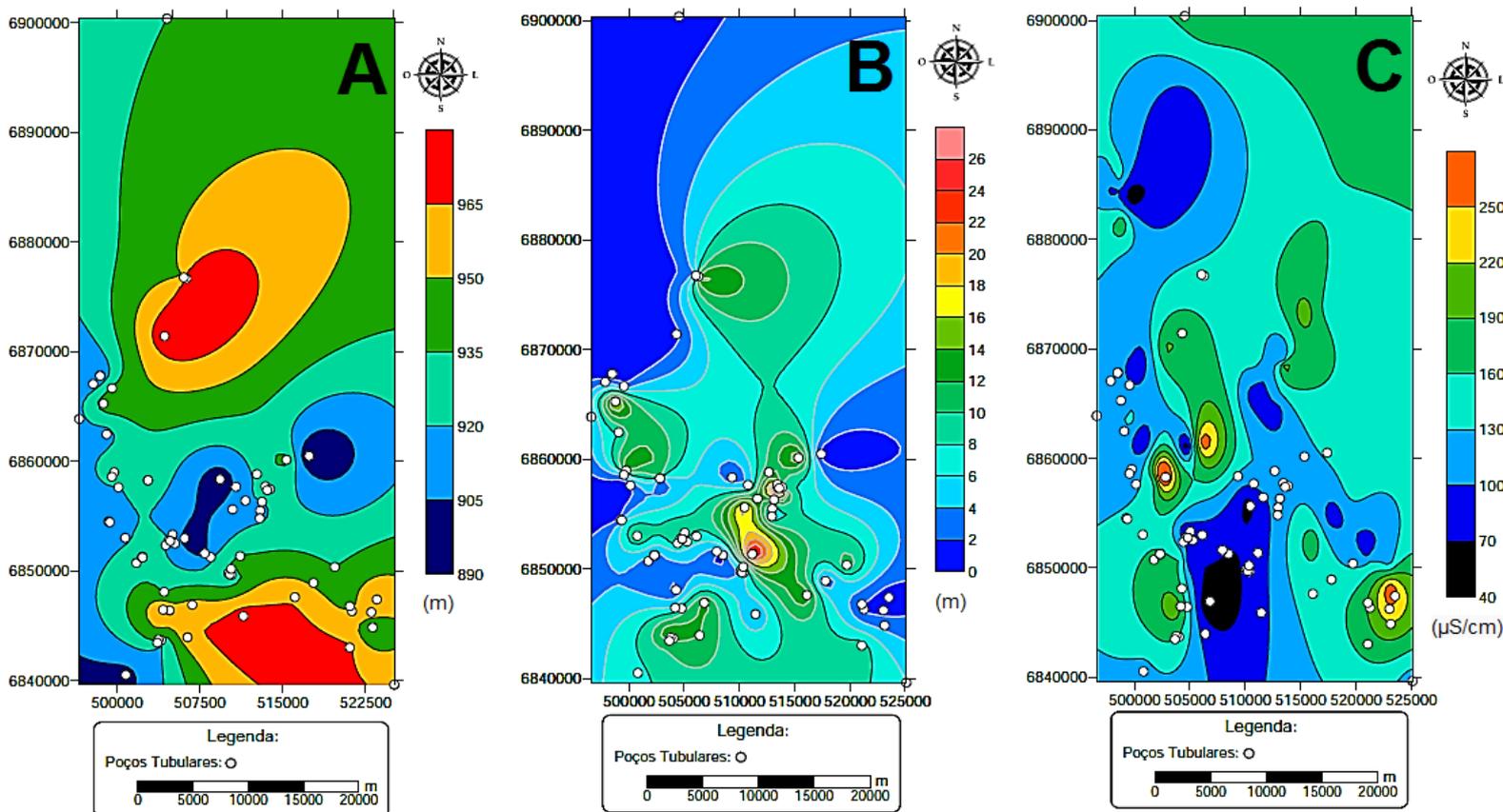


Figura 2. Mapa da cota (A), mapa do nível estático (B) e mapa da condutividade elétrica (C) dos poços de Vacaria.

No mapa de vulnerabilidade (Figura 3), é possível observar que a maior parte do território do município encontra-se com classe de vulnerabilidade baixa e insignificante. Isso indica que a área do município de Vacaria possui baixo risco de contaminação. A aplicação do método evidenciou que 70,3% da área apresenta baixo risco de vulnerabilidade, 21,9% possui risco insignificante, 4,7% risco médio e apenas 3,1% da área apresenta alto risco de vulnerabilidade do aquífero. A predominância da baixa vulnerabilidade pode ser explicada devido ao fato de que a grande maioria dos poços estão confinados, o que dificulta a contaminação do lençol freático em comparação ao regime livre. É possível notar também que os poços com maior risco de contaminação são aqueles utilizados apenas para captação doméstica (vulnerabilidades média e alta), representando um alto risco à saúde dessa população caso esses poços não estiverem sendo monitorados periodicamente. Além disso, o risco pode ser agravado ainda mais se o aquífero estiver sofrendo com o lançamento irregular de efluentes domésticos e a disposição ambientalmente incorreta de resíduos sólidos pela população local.

Mapa do Município de Vacaria - RS

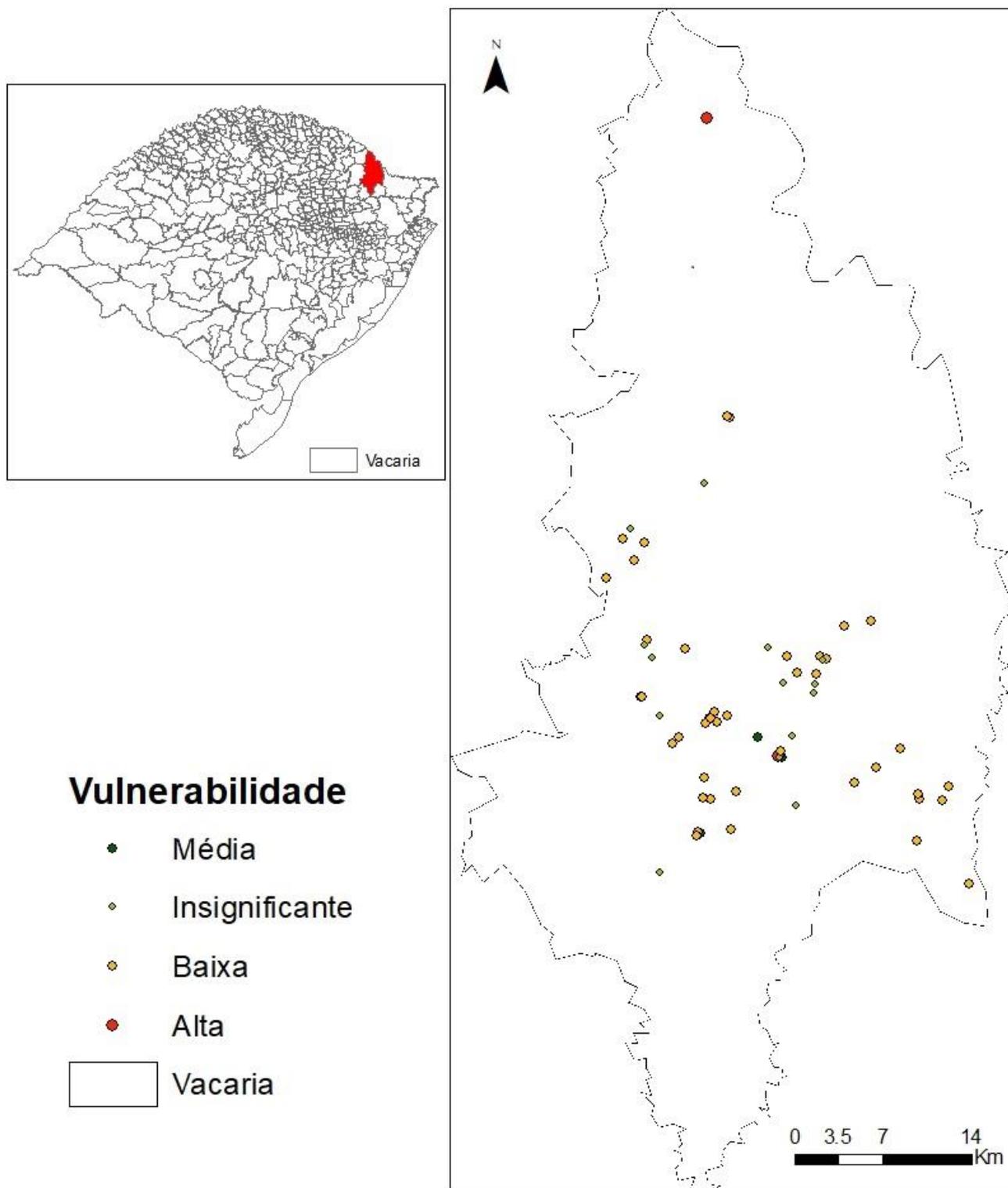


Figura 3. Mapa da vulnerabilidade dos poços do município de Vacaria.

Nº do Poço	Uso da Água	Nível Estático (m)	G	O	D	Nota GOD	Vulnerabilidade
4300002127	Doméstico	5,00	1,0	0,4	0,8	0,32	Média
4300002128	Doméstico	1,00	1,0	0,4	0,9	0,36	Média
4300002130	Doméstico	2,00	1,0	0,6	0,9	0,54	Alta
4300002352	Doméstico	13,00	1,0	0,6	0,8	0,48	Média
4300002353	Doméstico	1,00	1,0	0,6	0,9	0,54	Alta
4300010981	Múltiplo	5,00	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
4300010982	Múltiplo	1,60	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300010983	Doméstico/Irrigação	2,80	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300010984	Múltiplo	11,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010985	Múltiplo	8,90	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010986	Pecuária	7,30	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010987	Pecuária	5,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010988	Pecuária	5,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010989	Pecuária	8,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010990	Pecuária	8,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010991	Industrial	16,70	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010992	Múltiplo	12,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010993	Múltiplo	17,40	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010994	Industrial	7,10	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
4300010996	Múltiplo	11,40	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300010997	Múltiplo	2,00	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300010998	Múltiplo	9,50	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300011000	Múltiplo	0,50	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300011002	Múltiplo	11,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300011003	Industrial	37,90	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante
4300011396	Múltiplo	6,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012162	Múltiplo	0,40	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012163	Múltiplo	3,60	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300012164	Múltiplo	14,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012165	Industrial	1,60	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012166	Múltiplo	9,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012167	Múltiplo	1,40	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012168	Múltiplo	0,60	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012169	Múltiplo	1,30	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012170	Múltiplo	2,30	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012171	Múltiplo	11,70	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012172	Industrial	2,80	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa

4300012173	Industrial	6,30	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012174	Industrial	4,60	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012175	Múltiplo	11,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012176	Múltiplo	2,20	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012177	Industrial	1,20	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012178	Múltiplo	6,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012179	Múltiplo	10,53	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
4300012180	Múltiplo	7,32	0,2	0,5	0,8	0,08	Insignificante
4300012181	Múltiplo	1,70	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012182	Múltiplo	16,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012183	Industrial	4,00	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012184	Múltiplo	20,00	0,2	0,6	0,7	0,08	Insignificante
4300012185	Múltiplo	12,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012186	Doméstico/Irrigação	14,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012187	Múltiplo	3,00	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300012189	Múltiplo	3,50	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012190	Múltiplo	18,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012191	Múltiplo	2,80	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012192	Múltiplo	2,30	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300012193	Múltiplo	1,30	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300012194	Múltiplo	15,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300012195	Múltiplo	3,60	0,2	0,6	0,9	0,11	Baixa
4300022387	Industrial	6,05	0,2	0,4	0,8	0,06	Insignificante
4300022443	Industrial	6,00	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300022445	Múltiplo	12,86	0,2	0,6	0,8	0,10	Baixa
4300022477	Múltiplo	2,15	0,2	0,4	0,9	0,07	Insignificante
4300022479	Múltiplo	27,05	0,2	0,4	0,7	0,06	Insignificante

QUADRO 1 – Índice de vulnerabilidade do aquífero à contaminação dos 64 poços do município de Vacaria.

Fonte: CPRM/SIAGAS (2018).

4. CONCLUSÕES

O município de Vacaria possui alta e média vulnerabilidade do aquífero local, entretanto as águas subterrâneas do aquífero apresentam principalmente áreas com vulnerabilidade insignificante e baixa à contaminação. As informações destacadas pelo presente trabalho mostram-se importantes em futuros Estudos de Impacto Ambiental e na implantação de empreendimentos na região (principalmente aqueles que executam atividades potencialmente contaminadoras, como aterros sanitários, postos de combustíveis, cemitérios, entre outros), podendo também servir como base aos gestores municipais e empreendedores ao decidir os locais mais adequados a serem ocupados.

Com as informações da situação dos poços, pode-se verificar que 73,1% estão bombeando. Os outros poços (26,9%) encontram-se atualmente fora de uso, servindo como alerta para a população, já que esses poços tendem a passar por menos manutenções e monitoramentos, sendo possível acarretar em problemas que resultem na contaminação da água subterrânea. Além disso, o trabalho revelou que a grande vulnerabilidade natural do aquífero está

presente em poços tubulares de uso doméstico. Desse modo, é necessário uma análise mais minuciosa principalmente dos poços em desuso e os de uso doméstico, havendo a necessidade do monitoramento periódico da qualidade físico-química e microbiológica da água em laboratórios especializados, além da realização de manutenções preventivas. Tais condutas podem garantir uma melhor qualidade da água captada, assegurando a saúde da população vacariense.

5. REFERÊNCIAS

- BRASIL, Lei. Resolução CONAMA nº. 001: de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as diretrizes, 1986.
- BRASIL, Lei. Resolução CNRH Nº. 15: de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas, 2001.
- BRASIL, Lei. Resolução CONAMA Nº. 396: de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 2008.
- CANÊZ, Luciana da Silva. A família Parmeliaceae na localidade de Fazenda da Estrela, município de Vacaria, Rio Grande do Sul, Brasil. Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC), v. 18, p. 41-95, 2006.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO – AQUÍFEROS (2018). Levantamento dos Poços. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>. Último acesso em: 01 de junho de 2018.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO (2017). Termos Geológicos. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Termos-Hidrogeologicos-Basicos-631.html> Último acesso em: 15 de junho de 2017.
- ESRI (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE). ArcGIS desktop: release 10. 2011.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ÉLIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea. Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial, Washington, DC, 2006.
- FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo; ANDREO, Bartolome. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection?. Hydrogeology Journal, v. 21, n. 7, p. 1389-1392, 2013.
- FREITAS, M. A.; MACHADO, J. L. F.; TRAININI, D. R. Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. CPRM, 2005.
- GOLDEN SOFTWARE for Surfer. Versão 13.0. Creates contour & 3D surface maps. [S.l.]: Golden Software, LLC., 2015.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Dados de Vacaria. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rs/vacaria/panorama>. Último acesso em 10 de junho de 2017.
- 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.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia: São Paulo. Oficina de Textos, 2008.