

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO GOD PARA MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE LAGOA DA CONFUSÃO, TOCANTINS, BRASIL

Karine Beraldo Magalhães Oliveira (*), Fernando de Moraes 2, Lucas Mendes Oliveira 3

* Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Tocantins – Campus Paraíso do Tocantins, email: karine@ifto.edu.br

RESUMO

As águas subterrâneas têm grande importância para o abastecimento da população, economia e conservação ambiental, entretanto, fatores naturais e antrópicos podem alterar sua disponibilidade e qualidade, tornando-as vulneráveis à contaminação. Os aquíferos cársticos, como os encontrados na região do município de Lagoa da Confusão, no estado do Tocantins, Brasil, dentre as formações que contem água subterrânea, são considerados um dos grupos de maior vulnerabilidade diante de um contaminante potencial. Neste sentido, esse trabalho buscou mapear a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas da região de Lagoa da Confusão, utilizando o método GOD. Verificou-se que a área apresenta baixa vulnerabilidade, contudo o método utilizado fornece uma visão simplificada e verifica apenas a vulnerabilidade intrínseca do solo, o que demonstra a necessidade de novos estudos e aplicação de outros métodos de determinação de vulnerabilidade, dada a importância ambiental da área.

PALAVRAS-CHAVE: aquíferos, cársticos, GOD, vulnerabilidade.

INTRODUÇÃO

Uma das principais ferramentas para proteger as águas subterrâneas, prevenindo sua contaminação, consiste em conhecer a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, a qual representa sua maior suscetibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante imposta (MUCHIMBANE, 2010).

A vulnerabilidade intrínseca ou natural dos aquíferos leva em conta as características inerentes do ambiente (características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas), que determinam a sua capacidade de reduzir as influências negativas da contaminação e restabelecer o equilíbrio do meio ambiente, independente da natureza do contaminante. Já a vulnerabilidade específica é utilizada para definir a vulnerabilidade do aquífero a um contaminante em particular. Ela leva em conta as propriedades do contaminante ou do grupo de contaminantes e sua interação com o sistema hidrogeológico (VRBA; ZARAPOSEC, 1994; RAVBAR, 2007).

Dentre as principais técnicas para avaliação da vulnerabilidade destacam-se os métodos de índices, que se baseiam na análise de alguns parâmetros do aquífero, classificando cada característica de acordo com faixas de valores e distribuídos espacialmente (SANTOS; CRUZ; NASCIMENTO, 2010).

Esses parâmetros individualmente classificados são sobrepostos para compor o mapa geral de vulnerabilidade, que, segundo Foster e Hirata (1993), é a melhor maneira de representar a vulnerabilidade de aquíferos. Caso fosse preciso definir mapas específicos para cada contaminante ou atividade, seria necessário gerar uma série de mapas de vulnerabilidade, que poderiam ser reunidos em um atlas de vulnerabilidade de aquíferos.

Devido à simplicidade, o método GOD tem sido amplamente empregado na América Latina e Caribe desde a década de 1990, sendo indicado para trabalhos semi-regionais, escalas 1:100.000 a 1:500.000 e regionais, menores que 1:500.000, que normalmente são realizados com a finalidade de planejar a utilização adequada dos recursos naturais, em regiões relativamente extensas (BOVOLATO, 2006, MAIA, 2011).

Os aquíferos cársticos são considerados como um dos grupos mais vulneráveis, diante de um contaminante potencial. A sua elevada vulnerabilidade natural se atribui à velocidade de circulação da água subterrânea relativamente alta e sua escassa interação contaminante-rocha, que provoca uma elevada capacidade de propagação neste meio (RIBEIRA, 2004 *apud* KEMERICH *et al.*, 2011).

Segundo Pereira e Moraes (2012), na porção centro-oeste do estado do Tocantins, ocorre uma série de lagoas associadas ao grande sistema fluvial da planície do médio curso do rio Araguaia. Dentre essas lagoas, uma se destaca por suas dimensões, a Lagoa da Confusão, que dá nome ao município em que se localiza, a qual se encontra integrada a um sistema cárstico, oriundo da dissolução de rochas calcárias, no qual a circulação da água se faz entre pontos de absorção (como fissuras, dolinas), onde as águas superficiais desaparecem, e pontos de ressurgência, onde as águas reaparecem na superfície (CHRISTOFOLETTI, 1980). O trajeto interior da água entre esses dois pontos é feito por poços e galerias; condutos subterrâneos esculpidos nos pontos de fraqueza da massa rochosa, o que torna o fluxo hídrico nesses ambientes, extremamente heterogêneo.

Tendo em vista a vulnerabilidade dos sistemas cársticos, e a presença desses sistemas no município de Lagoa da Confusão, no estado do Tocantins, esse trabalho objetivou mapear a vulnerabilidade do aquífero da região por meio da aplicação do método GOD.

OBJETIVO

Esse trabalho buscou mapear a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas da região de Lagoa da Confusão, no Estado do Tocantins, utilizando o método GOD.

METODOLOGIA

Para avaliar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas da região de Lagoa da Confusão foi utilizado o método GOD proposto por Foster e Hirata (1993). Este método envolve a atribuição de notas, que variam de 0 a 1,0, ao grau de confinamento hidráulico do aquífero, à ocorrência de estratos de cobertura (característica litológica e grau de consolidação da zona vadosa ou camada confinante), e à distância ou profundidade até o nível da água. O índice final integrado de vulnerabilidade de aquíferos “GOD” é o produto das notas obtidas para cada um destes parâmetros.

Para a aplicação do método foram selecionados e analisados os dados de poços da região disponíveis no sítio do SIAGAS/CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), na Coordenadoria de Cadastro e Outorga do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), na companhia de saneamento do Tocantins, responsável pela distribuição de água (Saneatins) e em empresas perfuradoras de poços. Foram realizadas também visitas a área de estudo para identificação de possíveis poços não cadastrados em sistemas de informação e órgãos ambientais.

A partir dessas informações foram criados mapas com a localização dos poços que foi confirmada em campo, sendo verificadas suas condições.

Com os valores obtidos para o índice de vulnerabilidade em cada poço, utilizou-se o interpolador *Krigagem* do software *Surfer* a fim de identificar da distribuição das classes de vulnerabilidade para a área.

RESULTADOS

A tabela 1 demonstra a aplicação do método GOD a partir de informações extraídas de perfis litológicos de poços disponíveis no sítio do SIAGAS/CPRM e de empresas perfuradoras de poços na região, assim como a figura 1, representa a distribuição das classes de vulnerabilidade obtidas a partir da aplicação do método para a área, utilizando-se o interpolador *Krigagem* do software *Surfer*.

Tabela 1. Aplicação do método GOD para estimativa da vulnerabilidade natural da área em estudo.

| Poço | Grau de confinamento hidráulico | "G" | Ocorrência de estrato de cobertura | "O" | Distância ao nível da água (m) | "D" | Produto final "GxOxD" | Classe de vulnerabilidade |
|------|---------------------------------|-----|------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|-----------------------|---------------------------|
| P4 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 16 | 0,8 | 0,14 | Baixa |
| P6 | NC* | 0,6 | Solo residual | 0,4 | 11 | 0,8 | 0,19 | Baixa |
| P9 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 3 | 0,9 | 0,16 | Baixa |
| P10 | NC* | 0,6 | Areia média | 0,6 | 12,8 | 0,8 | 0,29 | Baixa |
| P11 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 18 | 0,8 | 0,14 | Baixa |
| P12 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 15,2 | 0,8 | 0,14 | Baixa |
| P13 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 5,6 | 0,8 | 0,14 | Baixa |
| P14 | NC* | 0,6 | Solo residual (areno-argiloso) | 0,4 | 3 | 0,9 | 0,22 | Baixa |
| P15 | NC* | 0,6 | Argila | 0,3 | 10,9 | 0,8 | 0,14 | Baixa |
| P16 | NC* | 0,6 | Solo residual (areno-argiloso) | 0,4 | 6 | 0,8 | 0,19 | Baixa |
| P17 | NC* | 0,6 | Solo residual | 0,4 | 10 | 0,8 | 0,19 | Baixa |

*NC = não confinado

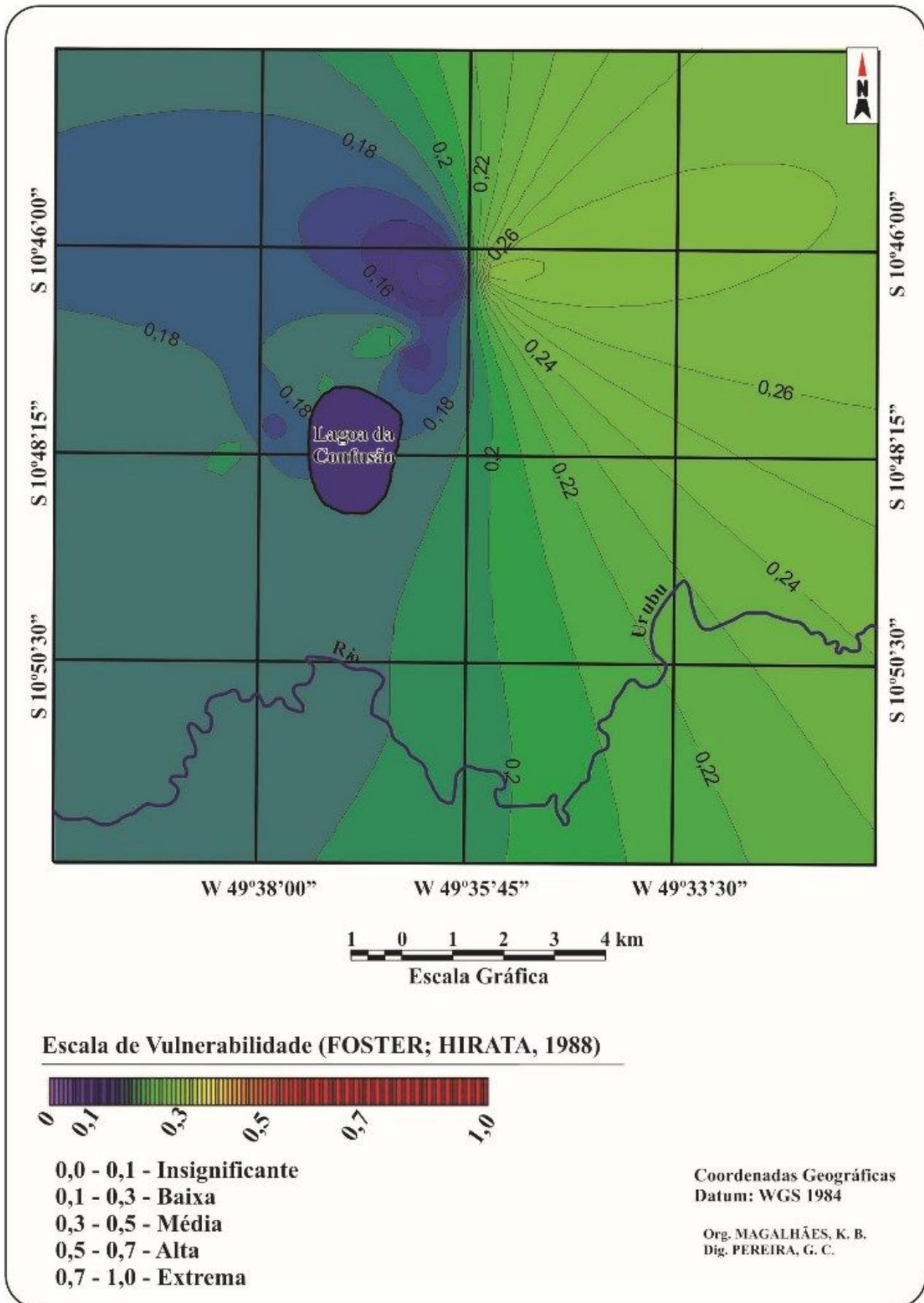


Figura 1. Mapa de Vulnerabilidade Natural da área de estudo, de acordo com método GOD.

A figura 1 permite classificar a área de estudo como de baixa vulnerabilidade, destacando-se a porção oeste, onde está localizada a maioria dos poços, como a zona onde os valores de vulnerabilidade são os menores.

Os baixos valores de vulnerabilidade demonstram a capacidade de atenuação dos estratos acima da zona saturada do aquífero, composta na maior parte por argila, solo residual (areno-argiloso) e em menor parte por areia média.

Cabe lembrar ainda que, por vezes, o termo "vulnerabilidade à poluição" é usado com o sentido de "risco de poluição". Contudo, o risco de poluição não depende somente da vulnerabilidade, mas também da existência de cargas poluentes significativas que possam entrar no ambiente subterrâneo. É possível existir um aquífero com um alto índice de vulnerabilidade, mas sem risco de poluição, caso não haja carga poluente, ou de haver um risco de poluição excepcional apesar do índice de vulnerabilidade ser baixo. O risco é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, muito estáveis, mas também pela existência de atividades poluentes específicas, fator dinâmico que, em princípio, pode ser controlado (NANNI *et al.*, 2005).

CONCLUSÕES

O método GOD demonstrou-se prático para determinar a vulnerabilidade ambiental das águas subterrâneas da região de Lagoa da Confusão, contudo, cabe observar que este método fornece uma visão simplificada e verifica apenas a vulnerabilidade intrínseca do solo, mas dependendo do tipo de contaminante e do tempo em que o solo foi exposto à contaminação, este pode sim estar contaminado.

Apesar da facilidade de aplicação do método, no caso da área de estudo o mesmo não se mostra totalmente eficiente, dado a carência de informações e os poucos poços registrados na área encontram-se localizados muito próximos uns dos outros, não estando distribuídos uniformemente ao longo da área, o que demonstra a necessidade de novos estudos e aplicação de outros métodos de determinação de vulnerabilidade, dada a importância ambiental da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Companhia de pesquisas de recursos minerais. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - Siagas**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 13 mai. 2017.
2. Christofolletti, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
3. Foster, S.; Hirata, R. **Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim n.10). 87 p.
4. Nanni, A. S.; Tedesco, M, A.; Freitas, M, A.; Binotto, R, B. Vulnerabilidade natural e risco de contaminação do Aquífero Serra Geral pela suinocultura na região das Missões – RS. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBRH, 2005.
5. Pereira, G. C.; Moraes, F. Geofísica Aplicada ao Estudo dos Fluxos Subsuperficiais no Entorno da Lagoa da Confusão – TO. **Revista Geonorte**, Manaus, v.2, n.4, p.1475 – 1483, 2012.
6. Bovolato, L. E. Caracterização Geoquímica das Águas Subterrâneas de Araguaína - TO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 17, fev. 2006.
7. Kemerich, P. D. C.; Silva, J. L. S.; 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**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 85-98, jul./set. 2011.
8. Maia, P. H. P. **Um novo método para avaliar a vulnerabilidade dos aquíferos**. 2011. 133 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2011.
9. Muchimbane, A. B. D. A. **Estudo dos Indicadores de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento “in Situ” - Distrito Urbano 4, Cidade de Maputo, Moçambique**. 2010. 131f. Dissertação (Mestrado em Recursos minerais e hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
10. Ravbar, N. **The protection of karst waters: a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping**. Karst Research Institute ZRC-SAZU: Postojna/ Ljubljana, 2007.
11. Santos, R. A.; Cruz, M. J. M.; Nascimento, S. A. M. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos cársticos: subsídios para uma gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Cadernos de Geociências**, n. 7, p. 54-62, 2010.



12. Vrba, J.; Zaporozec, A. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. Hannover, Germany: Verlag Heinz Heise, **International Contributions to Hydrogeology**, v. 16, 1994, 131.