

# MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS: subsídio gerencial dos recursos hídricos subterrâneos de Salinópolis/Pa

Augusto M. Camargo<sup>1</sup>; Bruno C. Cunha<sup>2</sup>; Érico G. Lisboa<sup>3</sup>; Glícia M. Medeiros<sup>4</sup>; Karissa A. Carvalho<sup>5</sup>; Lorena Sobrinho<sup>6</sup>; Mônica Sousa<sup>7</sup>; Priscila C. Lopes<sup>8</sup>

**RESUMO-** O mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos é ferramenta para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Portanto, o objetivo deste trabalho é mapear a vulnerabilidade natural do aquífero do município de Salinópolis/PA; aplicando o método do índice GOD. Para aplicação desse método foi tabulado os dados de 46 poços freáticos localizados na área pesquisada. O valor do índice foi categorizado em três classes de vulnerabilidade: insignificante, baixa, média e alta; e interpolados pelo software Surfer 8.0. Dos dados inventariados, 84,78 % dos poços são confinados; já 45,65% da ocorrência litológica argilosa, a profundidade da zona vadosa apresentou-se média superior a 1,5 m. A interação desses resultados pontuais mostrou que o índice GOD médio foi de 0,175 denotando um grau de vulnerabilidade baixa. Tais resultados revelaram que a metodologia é subsídio de planejamento das condições de uso do solo, fundamentando as tomadas de decisões pelo órgão gestor de Salinópolis para gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

**Abstract** - The vulnerability mapping of aquifers is a tool for the management of groundwater resources. Therefore, the objective is to map the natural vulnerability of the aquifer in the city of Salinópolis, and applied the method of indexing GOD. For application of this method was tabulated data from 46 groundwater wells in the leased area surveyed. The value of the index was categorized into three classes of vulnerability: low, moderate and high, and interpolated by Surfer 8.0. Inventory data, 84.78% of the degree of confinement appeared as confined, whereas 45.65% were the occurrence of clay lithology, the depth of the vadose zone presented an average of over 1.5 m. The specific interaction of these results showed that the index GOD average was 0.175 indicating a low degree of vulnerability. The results revealed that the methodology is to grant planning of land use conditions, the reasons for decisions taken by the national manager of Salisbury for the management of groundwater resources.

**Palavras-Chave-** Mapeamento da vulnerabilidade, método GOD, Salinópolis

1)Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA) Rua Enéas Pinheiro,362-Pedreira-Belém-Pará. Fone: (91) 9209-9343. E-mail: marlon\_tagrop@yahoo.com.br 2)Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Conj Mendara 2, 142-Marambaia-Belém-Pará. Fone: (91) 3243-1037. E-mail: brunno.jose@hotmail.com. 3)Universidade Federal do Pará, Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Amazônia (UFPA/GRHAMA). Travessa Humaitá, 1866 - Marco - Belém – Pará. Fone: (91) 83003819 . E-mail: erico@ufpa.br. 4)Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Av. 9 de Janeiro, 2383-Guamá-Belém-Pará. Fone: (91) 83102131. E-mail: glícia.m.melo@hotmail.com. 5)Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Rua Rodrigues dos Santos, 185-Cidade Velha-Belém-Pará. Fone: (91) 3222-1072. E-mail: karissa-auad@hotmail.com. 6) Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Estrada do outeiro, 1866- Icoaraci-Belém-Pará. Fone: (91) 3297-2005. E-mail: lorenasobrinho@yahoo.com.br. 7) Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Estrada do Outeiro, passagem Mangue, 235- Icoaraci-Belém-Pará. E-mail: eng.monicasousa@hotmail.com. 8)Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA/FAESA). Conj. Cohab, N4,168-Icoaraci-Belém-Pará. Fone:(91)3207-4463. E-mail: priscilacavalcante97@hotmail.com.

## 1- INTRODUÇÃO

Uma das formas mais empregadas para a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos consiste na análise da vulnerabilidade por meio da elaboração de mapas. Esses mapeamentos revelam o quanto o aquífero é vulnerável frente à poluição via método composto de parâmetros hidrogeológico e outras formas de parametrização.

Tais métodos utilizam indexações de fatores, categorizando-os, permitindo uma proposição de vários métodos para o mapeamento da vulnerabilidade (Aller et al., 1987; Foster e Hirata, 1988). Um dos métodos usuais mais utilizados no Brasil para o mapeamento da vulnerabilidade é o índice GOD (Tucci e Cabral, 2003). Proposto por Foster e Hirata (1988), o método GOD considera, apenas, a condição do aquífero (*Groundwater occurrence*), características litológicas (*Overall aquifer class*) e profundidade da zona não-saturada (*Depth to groundwater table or strike*). Alguns trabalhos utilizaram este método no mapeamento da vulnerabilidade no município de Santarém e Belém, ambas localizadas no estado do Pará (Tancredi, 1996; CPRM, 2001). O método GOD é de fácil aplicação por não requerer a inserção de um grande número de parâmetros hidrogeológicos.

Portanto, o objetivo deste trabalho é mapear a vulnerabilidade do aquífero livre do município de Salinópolis; através da aplicação do método GOD, evidenciando áreas mais suscetíveis a contaminação. O método utilizado tem as características de simplicidade e utilidade necessárias podendo ser considerado uma referência no aporte ao planejamento de uso e ocupação do solo, prevenção e reconhecimento de áreas mais sensíveis à contaminação em nichos urbanizados como na região de Salinópolis.

## 2- METODOLOGIA

Para a aplicação do método GOD foram catalogados dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), contabilizando um total de 72 poços tubulares cadastrados para Salinópolis. No entanto, apenas 46 poços foram analisados em função da qualidade e confiabilidade dos dados disponibilizados pelo sistema.

Desse modo aplicou-se o método GOD (Foster e Hirata, 1988) onde “G”, avalia o grau de confinamento do aquífero; “O”, identifica a ocorrência do estrato de cobertura; e “D” obtém-se profundidade da água subterrânea. Para o parâmetro “O” realizou-se uma média ponderada entre as camadas litológicas ( $O_n$ ) e suas respectivas espessuras ( $E_n$ ) em função da soma das espessuras (Equação 1).

$$“O” = \frac{E_1.O_1 + E_2.O_2 + \dots + E_n.O_n}{\Sigma E} \quad (1)$$

Onde  $E_1, E_2, E_n$  são os termos referente a espessura de cada camada analisada;  $E$  é a espessura da camada litológica; sendo  $O_1, O_2, O_n$  termos referentes aos valores para cada ocorrência litológica corresponde a sua respectiva espessura. Definido os termos para obtenção do parâmetro “O”, e de posse dos parâmetros “G” e “D”, o índice GOD [ $I_{GOD}$ ] é obtido pela equação 2.

$$I_{GOD} = “G” \times “O” \times “D” \quad (2)$$

A categorização do grau de vulnerabilidade foi classificada em quatro níveis: insignificante (0,0 a 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5) e alta (0,5 a 0,7). Para a espacialização do  $I_{GOD}$  utilizou-se o *software* SURFER 8.0.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de poços processados pelo método GOD na área de estudo (Figura 1A) revelaram que 84,78% são confinados; 4,35% são semiconfinados e os outros 10,87% livres. A litologia apresentou 45,65% composto de argila, 19,56% de calcários e 23,91% areia; tais resultados correspondem com a realidade da geologia caracterizada por estratigrafia argilo-arenosa (Araújo, 1998). Quanto ao parâmetro “D” a região apresenta déficit hídrico de 523 mm no período de agosto a dezembro.

A interação dos resultados quanto espacializados reflete a baixa vulnerabilidade natural explicada em parte pelas características litológicas e de profundidade do aquífero à superfície. Assim interpolando os dados observou-se que a maior parte dos poços analisados situou-se à região nordeste, sendo necessário evidenciá-la em duas áreas: 1 e 2 (Figura 1B).

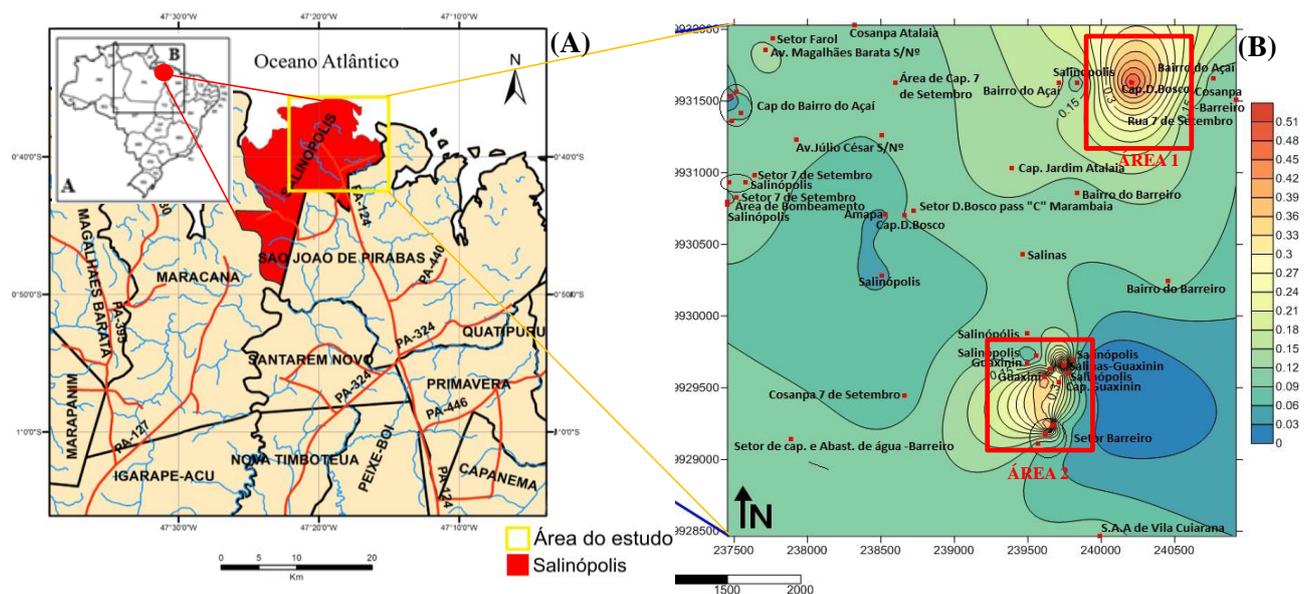


Figura 1: Localização de Salinópolis e área de estudo (A); Mapa de vulnerabilidade (B).

Por fim, o mapeamento da vulnerabilidade natural produzido mostrou regiões com  $I_{GOD}$  médios a altos (gradiente amarelo-avermelhado), correspondem a 8,64% do total da área de estudo; já em 91,29% da área total estudada tem vulnerabilidade variando de insignificante a baixo. De um modo geral, a região estuda tem a baixa vulnerabilidade local com exceção das áreas 1 e 2.

#### **4- CONCLUSÕES**

Quanto maior o  $I_{GOD}$  maior será a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, caso evidenciado nas regiões 1 e 2 da área em estudo que se caracterizou como média a alta, entretanto, no geral, apresentou-se de insignificante a baixa. O método GOD consubstanciado a ferramenta de interpolação espacial mostraram-se com excelentes ferramentas ao planejamento de uso e ocupação do solo, prevenção e reconhecimento de áreas mais sensíveis à contaminação em nichos urbanizados de Salinópolis, subsidiando o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos.

#### **5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLER, L.; BENNET, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. EPA, 1987. Report 600/2-85/018;

CPRM. 2001. Projetos de Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências. Belém. 110 p;

FOSTER, S. S. D. e R. HIRATA. 1988. "Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data." WHOPAHO/ HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Peru;

FOSTER, S.S.D. (1987) Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: W. van Duijvanbooden and H.G. van Waegeningh (eds.), Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information N°. 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands;

TANCREDI, Antonio Carlos F.N.S. 1996. Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém: Fundamento para uso e proteção. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. (Tese de Doutorado) 167 p. 1996;

TUCCI, C. E. M.; CABRAL, J. J. S. P. Qualidade da água subterrânea. Porto Alegre: IPH/UFRGS; Recife: CT/UFPE, 2003. 53 p.