

VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS DA SUB-BACIA DO RIO SIRIRI, SERGIPE.

NATURAL VULNERABILITY AQUIFERS TO CONTAMINATION OF SUB-BASIN OF THE SIRIRI RIVER, SERGIPE.

Daniela Menezes Ribeiro¹, Washington Franca Rocha², Antonio Jorge Vasconcellos Garcia³

RESUMO A sub-bacia do rio Siriri (SE) apresenta importantes reservatórios de água subterrânea, uma vez que insere-se num contexto geológico dominado pela Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas. A exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos, a ocupação irregular do solo e a ausência de mecanismos normativos legais põem em risco a qualidade natural das águas subterrâneas. A determinação da vulnerabilidade foi realizada a partir do método “GOD”. Os procedimentos metodológicos consistiram na revisão bibliográfica, criação de tabela com os índices GOD, operação de reclassificação e álgebra de mapas (multiplicação). Foram identificadas as seguintes classes de vulnerabilidade com suas respectivas áreas: extrema (98,88 Km²), alta (213,49 Km²), média (6,51 Km²), baixa (46,12 Km²) e desprezível (51,00 Km²). As classes de vulnerabilidade alta e extrema apresentaram maiores áreas de abrangência e, ao serem relacionadas com os usos do solo predominantes na área de estudo, observa-se a presença de atividades potencialmente contaminantes como a exploração do petróleo e o cultivo da cana-de-açúcar. Logo, os resultados obtidos revelam a necessidade do desenvolvimento de políticas e ações públicas de gestão e proteção da água subterrânea, assim como estudos de monitoramento dos riscos de contaminação e de qualidade das águas, principalmente nos municípios de Capela e Siriri, que apresentam atividades com riscos de contaminação em áreas de alta e extrema vulnerabilidade.

Palavras-chave: Água subterrânea; Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas; GOD; Mapa; Vulnerabilidade.

ABSTRACT The sub-basin of the river Siriri (SE) has significant groundwater reservoirs, once it is inserted in geological context dominated by the sedimentary basin of Sergipe and Alagoas. The overexploitation, the illegal occupation of land and the absence of legal rules put at risk the natural quality of groundwater. The procedures consisted in the bibliographic review, creation of table with GOD indexes, operation, and reclassification of map algebra (multiplication). Were identified the following vulnerability classes with their respective areas: extreme (98,88 Km²), high (213,49 Km²), medium (6,51 Km²), low (46,12 Km²) and negligible (GOD- 51,00 Km²). The classes of high and extreme vulnerability presented larger areas of coverage and, when related to the predominant land uses in the study area, it is observed the presence of potentially contaminating activities such as oil exploration and cultivation of cane sugar. Therefore, the results show the need for development of public policies and actions of management and protection of groundwater, with monitoring studies of contamination risks and water quality, especially in the municipalities of Chapel and Siriri, which presents activities with contamination risks in areas of high and extreme vulnerability.

Keywords: Groundwater; Sedimentary Basin of Sergipe-Alagoas; GOD; Map; Vulnerability.

1. INTRODUÇÃO

A sub-bacia do Rio Siriri pertence à bacia hidrográfica do rio Japarutuba e corresponde a um de seus três eixos principais de drenagem, com uma área total de 416 km². Abrange dez municípios (Figura 1): Siriri, Capela, Divina Pastora, Rosário do Catete, Maruim, General Maynard, Nossa Senhora das Dores, Carmópolis, Santo Amaro das Brotas e Pirambu.

A exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos, a ocupação irregular do solo e a ausência de normas legais põem em risco a qualidade natural das águas subterrâneas.

Como exemplo, podemos citar a exploração mineral e a expansão da cana-de-açúcar que expõem preocupação no que diz respeito à preservação do meio ambiente subterrâneo. Segundo SEMARH/PROJETEC/TECHNE (2010), poucas são as ações incrementadas na bacia do rio Japarutuba, que contempla a sub-bacia do rio Siriri, voltadas

para os aspectos de preservação e conservação do ambiente, sobretudo no que diz respeito à destinação das águas residuais da exploração do petróleo e do uso incorreto da vinhaça produzida nas usinas de açúcar e de álcool.

A vulnerabilidade pode ser representada na forma de mapas, permitindo aos órgãos gestores, uma melhor avaliação das propostas de desenvolvimento aliada ao controle da poluição e monitoramento da qualidade da água subterrânea.

Assim, este trabalho tem como objetivo principal desenvolver o mapa de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, a partir da aplicação do método GOD (FOSTER e HIRATA, 2002). Como também, determinar áreas susceptíveis a contaminação, relacionando a vulnerabilidade com a presença de atividades potencialmente contaminantes, e gerar conhecimentos para subsidiar medidas preventivas de controle de uso e qualidade das águas subterrâneas.

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana (daniela.ribeiro@ig.com.br)

² Universidade Estadual de Feira de Santana (wrocha@uefs.br)

³ Universidade Federal de Sergipe (garciageo@hotmail.com)

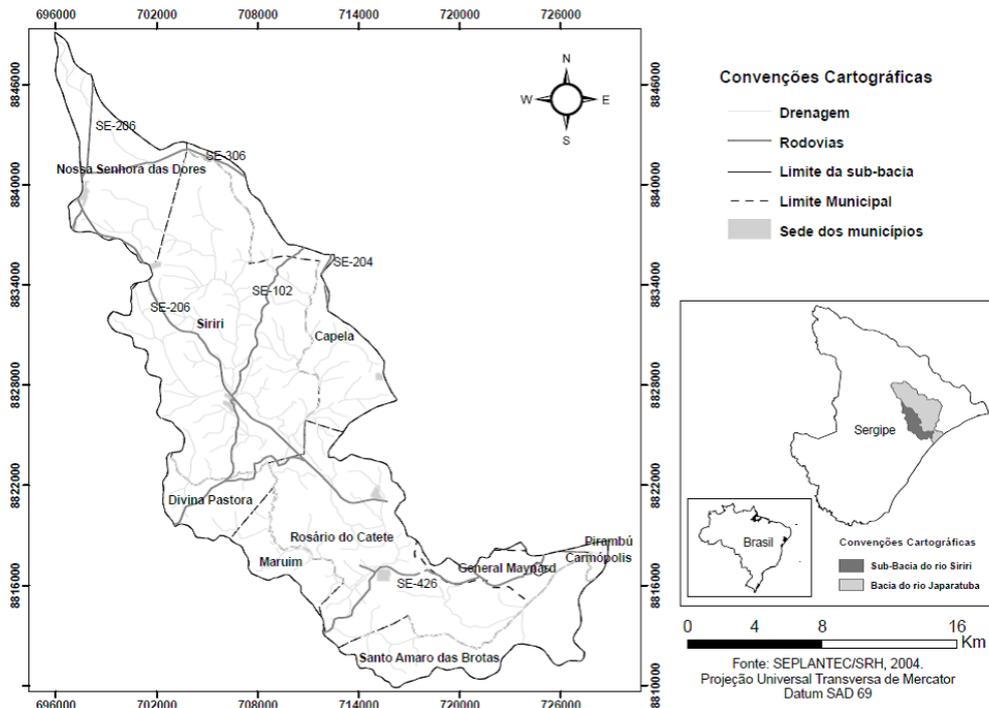


Figura 1. Mapa de localização da sub-bacia do rio Siriri.

Figure 1. Location map of the sub-basin of the river Siriri.

2. VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS

A vulnerabilidade pode ser definida, segundo Ribeira (2004), como uma série de atributos ou características de determinado meio, que são o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga, que controlam a habilidade do mesmo de resistir a determinado impacto e sua capacidade de auto-restauração.

Para Hirata e Fernandes (2008, p. 405),

[...] a vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação pode ser definida em função de um conjunto de características físicas, químicas e biológicas da zona não saturada e/ou aquífero confinante que, juntas, controlam a chegada do contaminante ao aquífero.

Assim, a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas corresponde à capacidade das características hidrodinâmicas e litológicas do aquífero, de impedir determinados impactos naturais ou antrópicos.

As metodologias de determinação da vulnerabilidade de aquíferos são atualmente utilizadas como ferramenta de auxílio às propostas de proteção das águas subterrâneas, associadas a atividades de gestão dos recursos hídricos e de planejamento e ordenamento territorial.

Diversos métodos são utilizados na

determinação da vulnerabilidade de aquíferos. Entre esses, os principais são: DRASTIC, GOD, TPE, Sintacs, Poluição dos Lençóis Aquíferos, dentre outros (HIRATA e FERNANDES, 2008).

Dos métodos citados dois se destacam na determinação da vulnerabilidade: o método “GOD”, que engloba a vulnerabilidade em geral (FOSTER e HIRATA, 1988), e o método DRASTIC (ALLER et al., 1987). O método DRASTIC utiliza os seguintes parâmetros: profundidade da água subterrânea (D), recarga (R), meio aquífero (A), meio do solo (S), topografia (T), impacto (material) da zona insaturada (I), condutividade hidráulica (C). Cada fator apresenta índices para suas diferentes classes e um peso estabelecido. Os índices das diferentes classes são multiplicados aos pesos dos seus respectivos fatores. Em seguida os valores dos diferentes fatores são somados gerando o índice de vulnerabilidade.

Os mapas de vulnerabilidade de aquíferos apresentam limitações devido à falta de informações e dados necessários a aplicação de metodologias detalhadas. Assim, quando há escassez de dados, e estes apresentam incertezas ou não abrangem completamente o território, a aplicação do DRASTIC torna-se comprometedor.

O método GOD (FOSTER e HIRATA, 1988) corresponde a uma das técnicas de determinação de vulnerabilidade mais utilizadas devido a sua simplicidade de conceitos e implementação, uma

vez que utiliza dados básicos de estudos hidrogeológicos, como o grau de inacessibilidade hidráulica da zona saturada e a capacidade de atenuação da zona não saturada.

3. HIDROGEOLOGIA DA SUB-BACIA DO RIO SIRIRI

A sub-bacia do rio Siriri está inserida no contexto geológico da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas e da Faixa de Dobramentos Sergipana, separadas por uma falha, de orientação geral NE-SW. A presença de rochas ígneas e metamórficas do embasamento Pré-Cambriano estão representadas pela unidade geológica Cornubianito Traipu (Figura 2).

A área de estudo insere-se em dois domínios hidrogeológicos: o poroso e o fraturado-cárstico. O poroso forma aquíferos intergranulares de porosidade primária. Já o fraturado-cárstico, apresenta porosidade secundária e recebe esta denominação devido às feições de dissolução cárstica,

associadas à presença de fraturas nas rochas calcárias. O primeiro corresponde às rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe, à Formação Barreiras e aos sedimentos de praia e aluvião. O segundo inclui as Formações Riachuelo e Cotinguiba (Grupo Sergipe), que são constituídas basicamente por rochas calcárias e, apresentam um comportamento hidrogeológico distinto dos demais sedimentos, daí a sua inclusão no domínio fraturado-cárstico (ANA, 2005).

Os sedimentos de praia e aluvião correspondem de modo geral a aquíferos livres de pequena extensão. O membro Taquari da Formação Riachuelo e o Cornubianito Traipu não apresentam informações sobre a ocorrência de água subterrânea, que possivelmente está relacionada às suas características litológicas representativas de rochas com permeabilidade/porosidade praticamente nulas. As características das unidades aquíferas são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Unidades geológicas e caracterização dos aquíferos presentes na sub-bacia do rio Siriri (baseado em Feitosa et al, 1998; PETROBRAS/DNPM, 1975; Feijó,1994; ANA, 2005).

Table 1. Geological units and characterization of the aquifers present in the sub-basin of the Siriri river (based in Feitosa et al, 1998; BRASIL, 1975; Feijó,1994; ANA, 2005).

Unidades Geológicas/Aquíferos		Idade	Litotipos	Características dos Aquíferos
Sedimentos de Praia e Aluvião		Quaternário	Aluviões de origem fluvial constituído por clásticos geralmente siltico-argilosos. Sedimentos inconsolidados.	Aquífero Livre/ Sedimentar- granular
Formação Barreiras (Aquífero Barreiras)		Terciário	Sedimentos inconsolidados representados por arenitos, siltitos e argilitos. Clásticos continentais finos a grosseiros, de coloração variada e grau de compactação insignificante. Arenito caolínico mal consolidado e cascalhos. Na superfície ocasionais matacões	Comportamento de meio poroso. Forma aquífero do tipo livre/ Sedimentar- granular.
Formação Cotinguiba	Membro Sapucari (Aquífero Sapucari)	Cretáceo Superior	Essencialmente constituído por calcilitito cinzento maciço ou estratificado.	Aquífero cárstico-fraturado. Forma aquífero do tipo confinado
Formação Riachuelo	Membro Angico (Aquífero Angico)	Cretáceo Inferior	Arenito branco fino a conglomerático	Comportamento de meio poroso. Aquífero do tipo livre à semiconfinado/ Sedimentar-granular
	Membro Maruim (Aquífero Maruim/ Aguilhada)		Calcarenito e calcirrudito oncolítico e oolítico creme, recifes algálicos isolados. Em 1994, Feijó inclui no topo deste membro o calcário dolomitizado, antes denominado de Membro Aguilhada.	Comportamento cárstico-fraturado. Forma aquífero do tipo confinado a semiconfinado/ Sedimentar-granular e Cárstico.
	Membro Taquari		Alternâncias de calcilitito e folhelhos cinzentos.	—
Cornubianito Traipu		Pré-Cambriano	Biotita, granada, cornubianito cinza-prateado com porfiroblastos de biotita e ou granada.	—

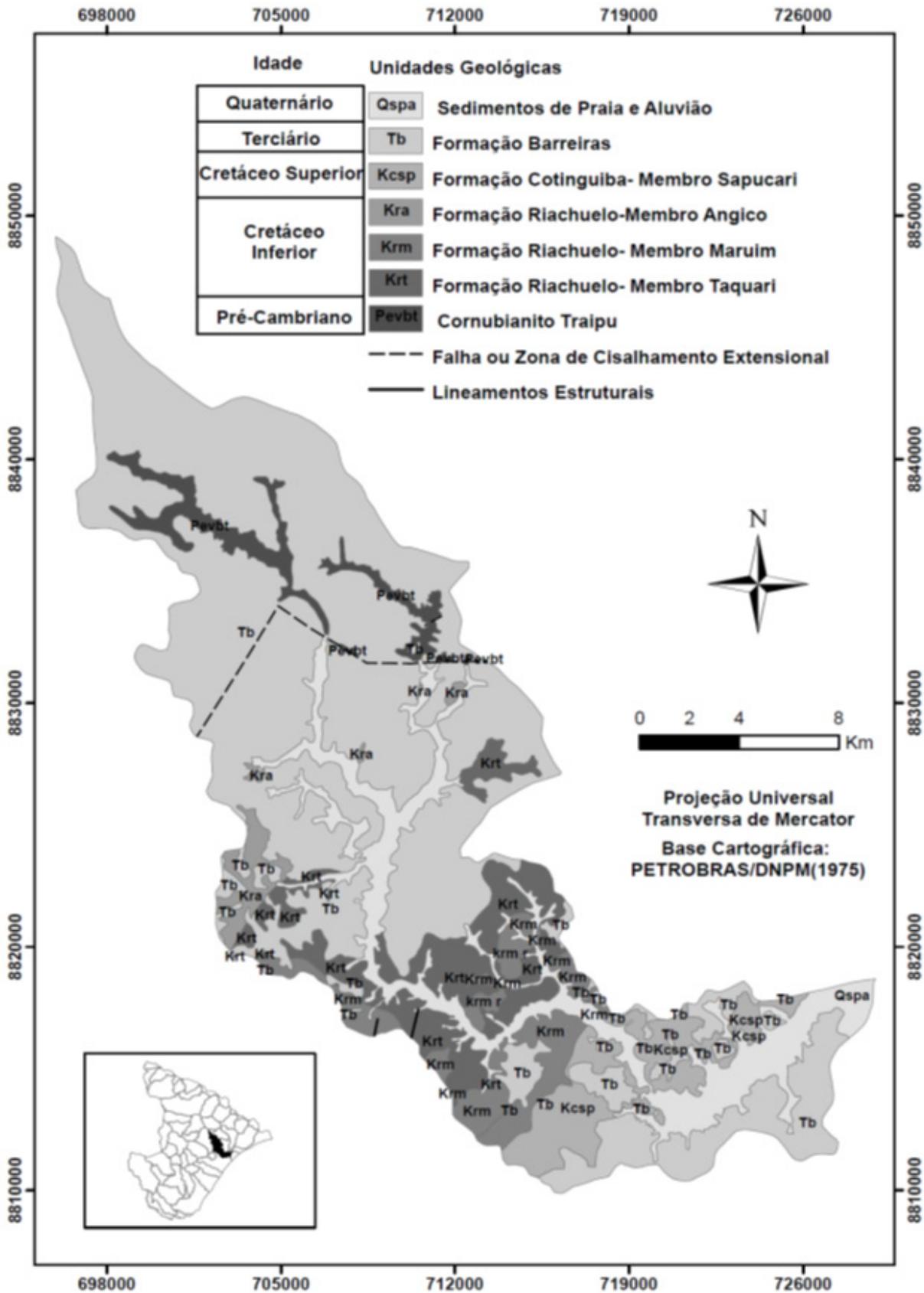


Figura 2. Mapa geológico da sub-bacia do rio Siriri (adaptado de PETROBRAS/DNPM,1975).
 Figure 2. Geological map of the sub-basin of the river Siriri (adapted of PETROBRAS/DNPM,1975).

4. MATERIAS E MÉTODO

Para obtenção do mapa de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos foi aplicado o método “GOD” (FOSTER e HIRATA, 1988).

4.1. Método GOD

Trata-se de um dos métodos mais utilizados na determinação da vulnerabilidade, devido a sua simplicidade de conceitos e aplicação. O desenvolvimento do método GOD se dá a partir dos seguintes fatores: Confinamento do Aquífero (G); Natureza Composicional da zona não saturada e/ou aquífero e seu grau de fraturamento (O); e Profundidade do nível d’água ou da base confinante do aquífero (D). Este método aplica constantes entre 0 e 1 para cada variável e o produto entre essas variáveis determina o índice de vulnerabilidade, sendo que, todos os parâmetros apresentam

o mesmo peso de importância sobre o índice final.

A equação que define o índice de vulnerabilidade é representada da seguinte forma:

$$\text{Índice de Vulnerabilidade GOD} = G_i * O_i * D_i$$

Onde, G O D correspondem aos parâmetros e o i ao índice de classificação de cada parâmetro. A figura 3 apresenta o esquema de avaliação utilizado na estimativa da vulnerabilidade de aquíferos.

As classes de vulnerabilidade de aquíferos variam de desprezível (ou insignificante) à extrema, sendo que sua nomenclatura apresenta definição específica, que reflete a sensibilidade natural dos aspectos hidrogeológicos observados no estudo. Assim, as definições das diferentes classes de vulnerabilidade são apresentadas na tabela 2.

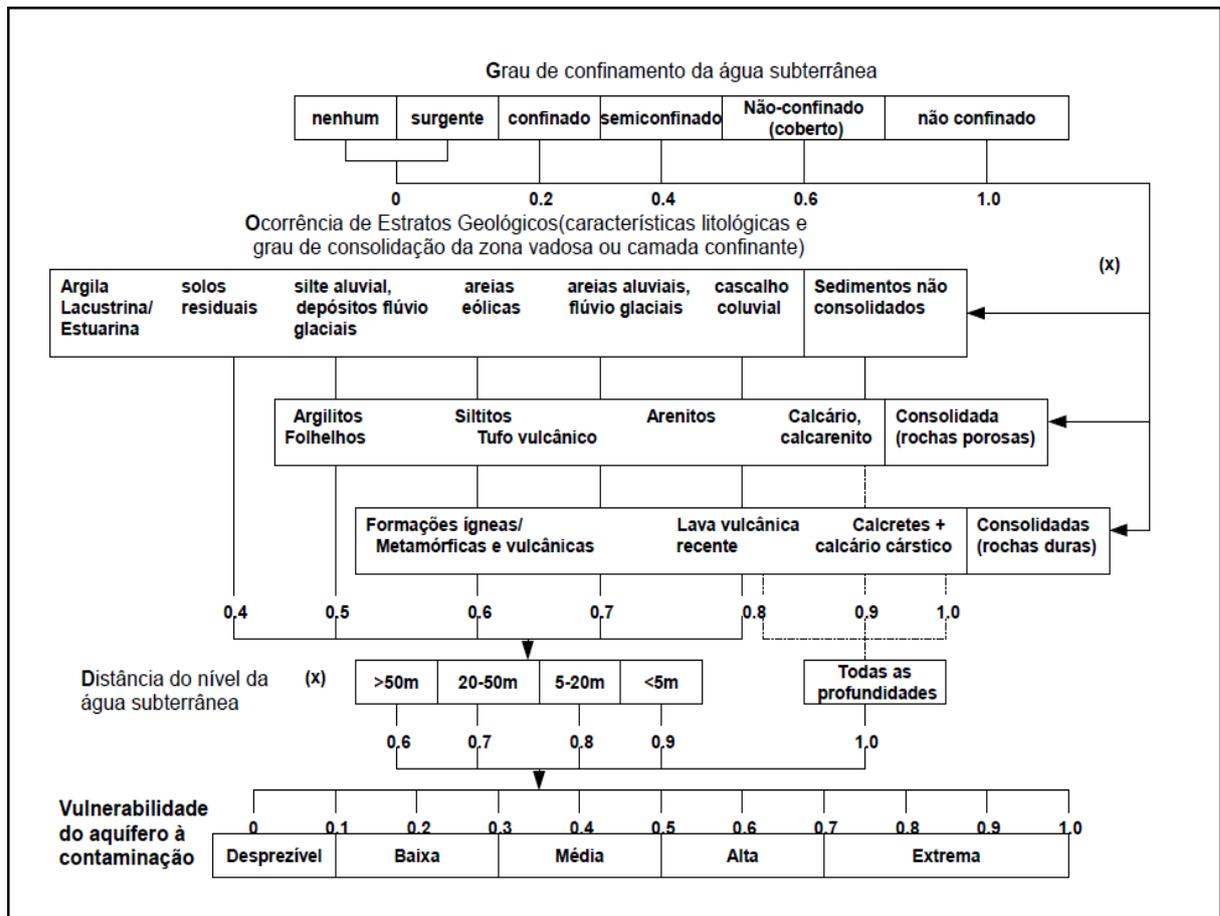


Figura 3. Sistema GOD de avaliação da vulnerabilidade à contaminação do aquífero (Adaptado de FOSTER et al., 2002, p. 23).

Figure 3. GOD system for evaluation of the aquifer vulnerability to contamination (Adapted of FOSTER et al., 2002, p. 23).

Tabela 2. Definição das classes de vulnerabilidade do aquífero (FOSTER et al., 2002, p. 19)
 Table 2. Definition of aquifer vulnerability classes (Foster et al., 2002, p.19).

CLASSES DE VULNERABILIDADE	DEFINIÇÃO CORRESPONDENTE
Extrema	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação
Alta	Vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação
Moderada	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados
Baixa	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, a longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados
Insignificante	Presença de camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).

4.2. Procedimentos Cartográficos

O desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos se deu no ambiente do software Arcgis 9.3®. As bases cartográficas utilizadas foram:

- Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEPLANTEC/SRH, 2004);
- Programa de Cadastro de Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe da CPRM (CPRM/SEPLANTEC, 2002);
- Atlas de Qualidade da Água Subterrânea no Estado de Sergipe com Fins de Irrigação (EMBRAPA, 2007).

A partir dessas bases e de informações sobre os poços de captação de água subterrânea presentes no estudo “Avaliação dos Aquíferos da Bacia Sergipe/Alagoas entre Aracaju e Capela” desenvolvido por Feitosa et al (1998), foi elaborado um novo banco de dados contendo as informações necessárias para a aplicação da metodologia proposta.

4.2.1. Mapa geológico

Para representação dos aspectos litológicos e do grau de confinamento dos aquíferos da área de estudo foram utilizadas as cartas geológicas da bacia de Sergipe/Alagoas na escala 1:50.000 (PETROBRAS/DNPM, 1975), e informação a respeito das unidades geológicas aquíferas definidas

por Feitosa et al (1998). Em seguida foram realizados procedimentos de georreferenciamento e vetorização dos dados para a criação do mapa geológico da sub-bacia do rio Siriri.

4.2.2. Mapa de nível estático dos poços

Os dados do nível estático dos poços foram utilizados na elaboração do plano de informação referente a profundidade do nível d’água. A técnica geoestatística utilizada na construção deste mapa foi a Krigagem ordinária que retorna médias locais estimadas a partir de elementos amostrais vizinhos. O objetivo desta técnica é encontrar um valor em uma certa posição x_0 , utilizando-se os n dados vizinhos x_1 , através de uma combinação linear com ponderadores λ_i , e é dada pela equação 1 (SILVA, 2003, p.176):

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(x_0) Z(x_i) \quad (1)$$

Em seguida os valores gerados com os diferentes níveis estáticos foram reclassificados atribuindo-se as cargas definidas com base no método GOD para os intervalos distintos de profundidade da água subterrânea. A modelagem cartográfica (Figura 4) apresenta as diferentes etapas realizadas em ambiente SIG para a elaboração do mapa de variação do nível estático dos poços.

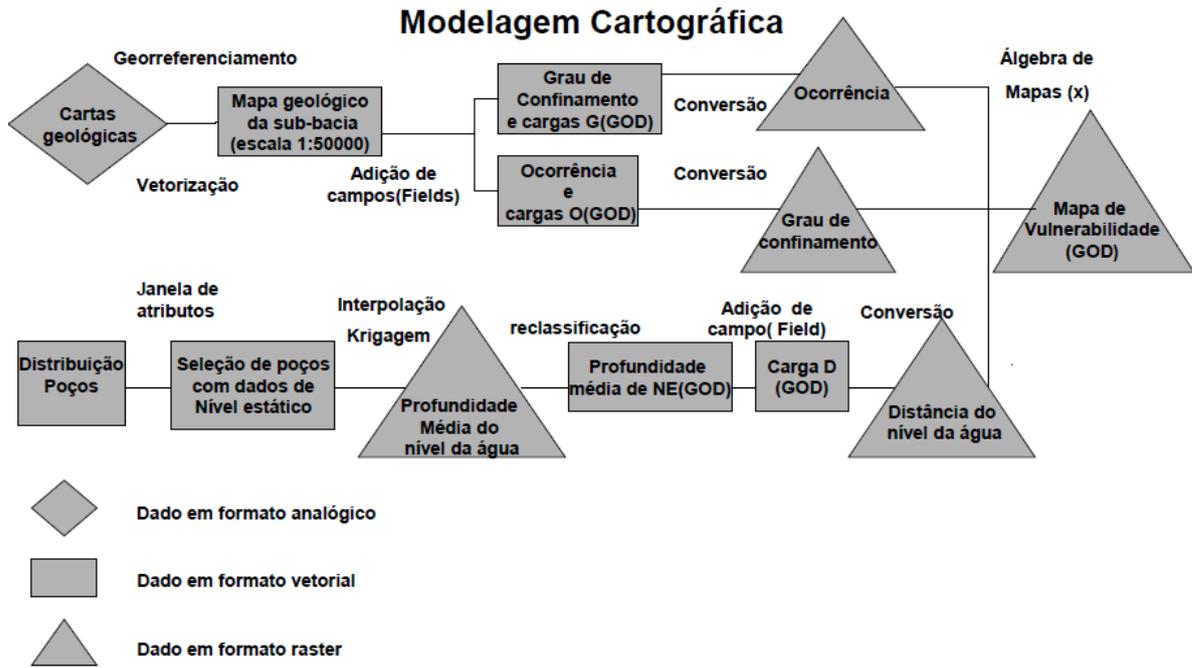


Figura 4. Modelagem Cartográfica para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos.
 Figure 4. Cartographic Modeling for the elaboration of map aquifer vulnerability to contamination

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da vulnerabilidade a partir do método GOD permitiu a criação da Tabela 3 que apresenta o índice de vulnerabilidade dos aquíferos da área de estudo, bem como as

classes de vulnerabilidade obtidas. O mapa de vulnerabilidade foi obtido a partir da interação (álgebra de mapas) dos planos de informações reclassificados com os valores aplicados aos índices GOD (Figura 5).

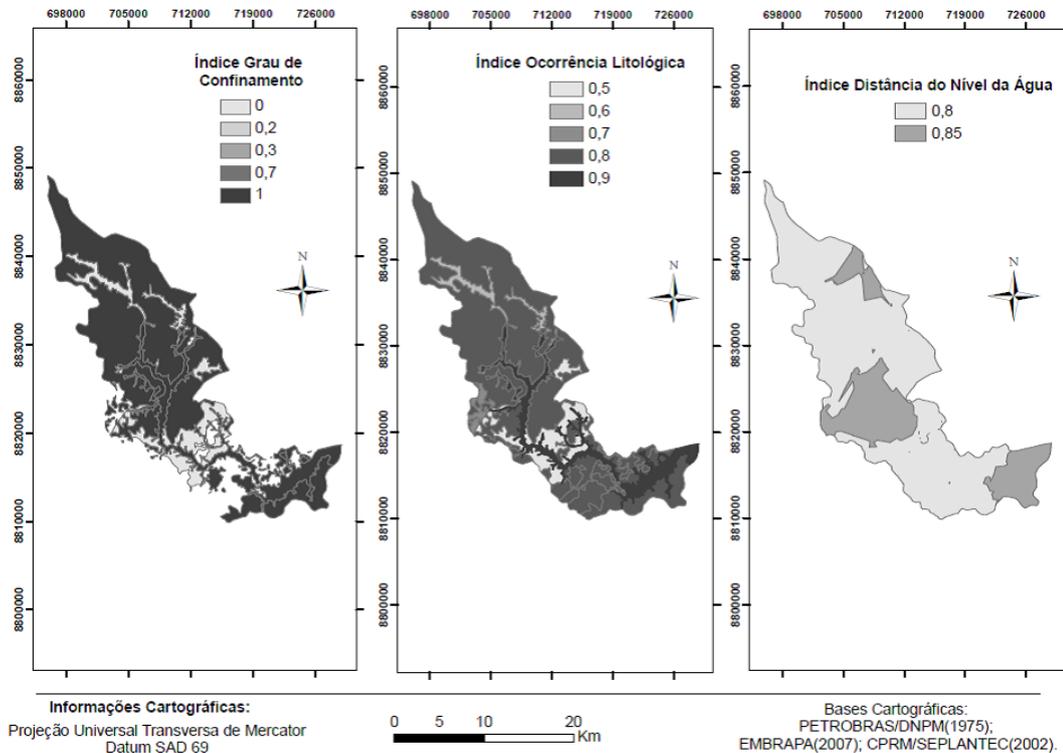


Figura 5. Mapas de índices GOD de avaliação de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos.
 Figure 5. Maps index GOD of evaluation aquifers vulnerability to contamination.

Tabela 3. Valores indicativos da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos
Table 3. Values indicative of the aquifers vulnerability to contamination

Grau do Confinamento Hidráulico	G	Características Litológicas	O	Distância do nível da água	D	Índice de Vulnerabilidade	Classes de Vulnerabilidade
Sedimentos de praia e aluvião: livre ou não-confinado	1,0	Aluviões de origem fluvial constituídos por clásticos geralmente siltico argilosos. Sedimentos não consolidados.	0,9	<5m 5-20m	0,85	0,765	Extrema
Formação Barreiras: livre ou não confinado	1,0	Clásticos de cores variegadas representados por arenitos caolínico, mal consolidado, cascalho, lentes ou camadas de argila. Na superfície ocasionais matacões	0,65	<5m 5-20m	0,85	0,5525	Alta
Formação Riachuelo-Membro Angico: livre à semiconfinado	0,7	Arenito branco fino a conglomerático	0,7	5-20m	0,8	0,392	Média
Formação Riachuelo-Membro Maruim: confinado à semiconfinado	0,3	Calcário oolítico branco; calcário oolítico e pisolítico cinza-claro a amarelo-claro; calcário creme. Arenitos, siltitos e folhelhos são litologias subordinadas	0,8	5-20m	0,8	0,192	Baixa
Formação Cotinguiba-Membro Sapucari: confinado	0,2	Calcário cinza a creme	0,8	5-20m	0,8	0,128	Baixa
Formação Riachuelo-Membro Taquari: nenhum	0,0	Folhelhos cinzentos e calcários interestratificados em camadas médias a delgadas	0,5	**	0,00	0,00	Desprezível
Cornubianito Traipu: nenhum	0,0	Biotita e granada. Cornubianito ou granada micaxisto, cinza prateado.	0,6	**	0,00	0,00	Desprezível

A modelagem em ambiente SIG permitiu a geração do mapa de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos (Figura 6) a partir do método GOD. Na análise do mapa gerado a partir deste método observa-se que os critérios G (Grau de confinamento) e O (Ocorrência litológicas) tiveram maior

influência na feição geral do mapa, devido às diferenças de valores entre as classes dos critérios utilizados. Já o critério D (Distância no nível da água) apresentou uma pequena influência na distribuição dos índices devido à pequena variação dos valores das classes (<5m e entre 5 e 20m).

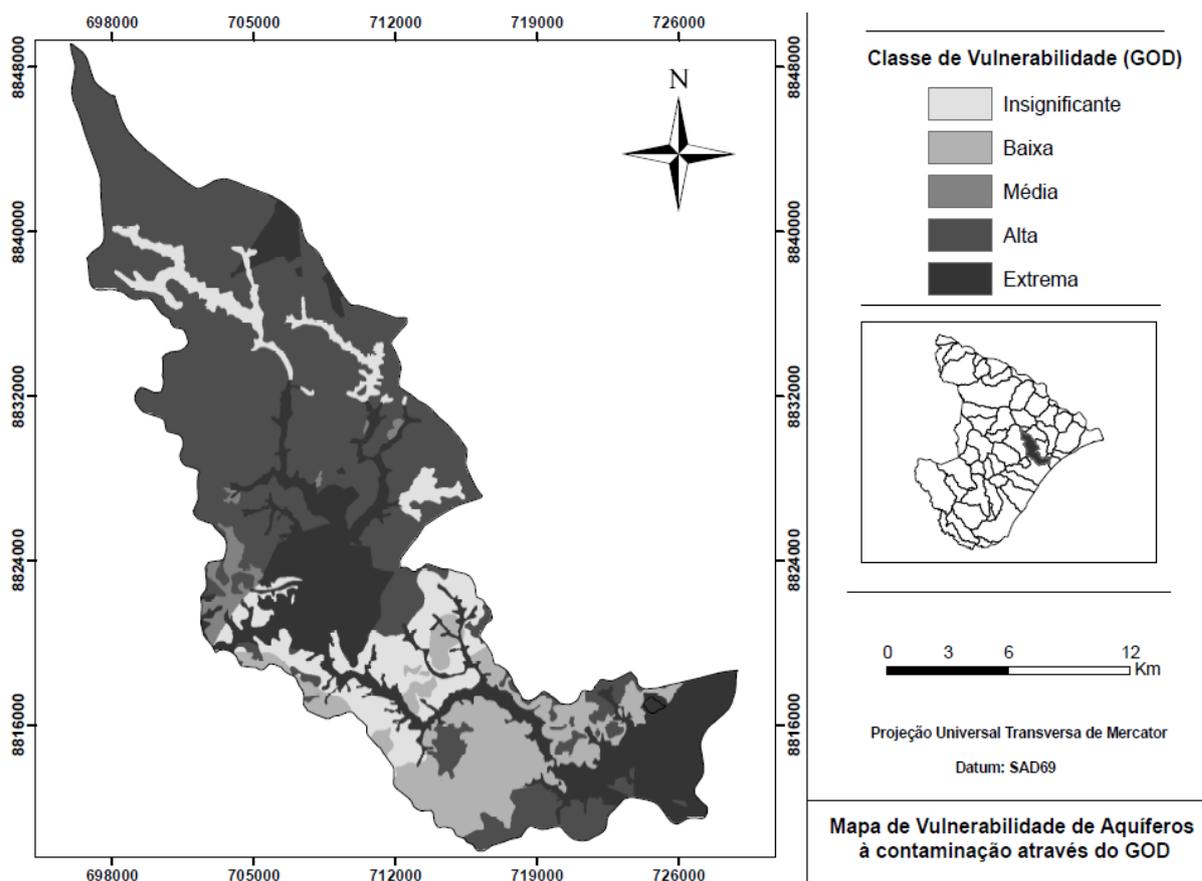


Figura 6. Mapa de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos.

Figure 6. Map of aquifers vulnerability to contamination.

As áreas correspondentes as classes de vulnerabilidade é apresentada na tabela 4 a seguir:

Tabela 4. Área das classes de vulnerabilidade.

Table 4. Class areas of vulnerability.

Classes de Vulnerabilidade (GOD)	Área (Km ²)
Desprezível	51,00
Baixa	46,12
Média	6,51
Alta	213,49
Extrema	98,88

Observa-se na tabela 4 que as classes de vulnerabilidade alta e extrema apresentaram maiores áreas de abrangência (213,49 e 98,88 Km² respectivamente) do total de 416 Km² da sub-bacia, devido à permeabilidade dos litotipos da Formação Barreiras e dos sedimentos de praia, como também a profundidade rasa do nível da água. Já as classes desprezível (51 Km²), baixa (46,12 Km²) e média (6,51 Km²) apresentaram as menores áreas devido às características litológicas de baixa permeabilidade dos litotipos representativos do

membro Taquari da Formação Riachuelo, como também ao grau de confinamento (semi-confinado e confinado) dos membros Sapucari da Formação Continguiuba e o Maruim da Formação Riachuelo.

Ao relacionar o mapa de vulnerabilidade com o mapa dos diferentes tipos de usos do solo (ROCHA et al., 2009) e dos campos de petróleo (SEPLANTEC/SRH, 2004) presentes na sub-bacia do rio Siriri (figura 7) observa-se que os campos de Castanhal e Siririzinho encontram-se em áreas de vulnerabilidade alta e extrema, assim

como os cultivos da cana-de-açúcar nos municípios de Capela e Siriri. Ambas as atividades possuem um elevado potencial de gerar carga contaminante no subsolo de acordo com a metodologia POSH- *Pollutant Origin, Surchage Hydraulically* (FOSTER et al, 2002) de classificação de atividades potencialmente contaminantes. Segundo estes

autores, culturas comerciais intensivas, geralmente monoculturas em solos bem drenados, em climas úmidos apresentam elevado potencial de contaminação das águas subterrâneas, como também atividades de mineração e exploração de petróleo apresentam elevado potencial de contaminação.

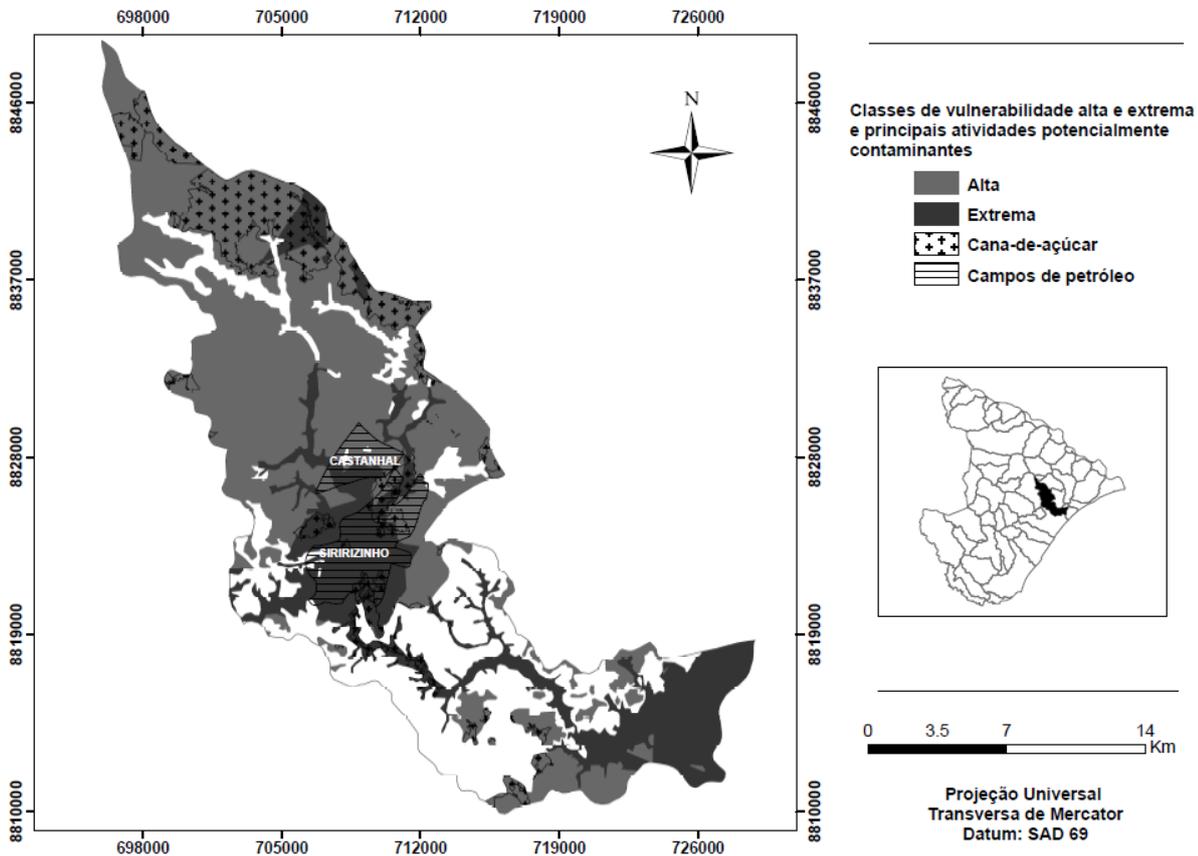


Figura 7. Mapa de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos.

Figure 7. Map of aquifers vulnerability to contamination.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A elaboração do mapa de vulnerabilidade constitui uma das etapas na qual as atividades de gestão e proteção da água subterrânea possam apoiar-se, orientando os profissionais de planejamento ambiental e territorial no que diz respeito a criação de estudos de monitoramento dos riscos de contaminação e de qualidade das águas com posterior definição de áreas de proteção e controle de utilização das águas subterrâneas.

A partir dos dados gerados observa-se que a metodologia GOD com seus pesos igualitários demonstra potencial na análise da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos. Uma vez que, permite com auxílio de um sistema de informações geográficas, a delimitação das áreas mais susceptíveis a contaminação.

A aplicação do GOD despertou a preocupação com relação à possibilidade de contaminação das águas subterrâneas que se concentram principalmente nos aquíferos freáticos ou não confinados, especialmente nas áreas em que a zona vadosa é pouco espessa e o nível freático é raso, conforme observado na área de estudo.

No entanto, a metodologia GOD apresenta limitações, pois utiliza apenas as características naturais do aquífero, sendo que é importante a interação desses aspectos com os diferentes tipos e usos do solo da área de estudo, uma vez que a permeabilidade e espessura do solo favorecem a infiltração da água precipitada para os reservatórios subterrâneos, como também, a presença de atividades potencialmente contaminantes aumenta o risco de contaminação das águas subterrâneas.

Conclui-se que o mapa gerado na modelagem da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos neste trabalho pode auxiliar na tomada de decisões que objetivem a proteção da qualidade das águas subterrâneas, frente às limitações técnicas e financeiras para a remediação de possíveis contaminações.

Recomenda-se nas áreas classificadas com vulnerabilidade extrema e alta e moderada a tomada de ações e precauções que evitem a infiltração de possíveis contaminantes relacionados à exploração mineral e as atividades agrícolas, como também devem ser instalados sistemas adequados de

tratamento de efluentes domésticos. Aos órgãos de meio ambiente sugere-se o estabelecimento de um programa de monitoramento de qualidades das águas subterrâneas. Uma vez constatada a contaminação da água subterrânea o órgão ambiental deve estabelecer medidas para identificação dos responsáveis e exigir estudos detalhados das dimensões da contaminação.

7. AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de mestrado cedida a autora Daniela Dantas de Menezes Ribeiro.

REFERENCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Diagnóstico da Oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Sergipe- Parte B**. Brasília-DF, 2005. 76p.
- ALLER, L., LEHR, Jay H., PETTY, R. DRASTIC: **A Standardized system of evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings**. United States:EPA, 1987. Disponível em:< <http://info.ngwa.org/GWOL/pdf/860138698.PDF>> Acesso em: 5 jun. 2009.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM)/ SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (SEPLANTEC). **Projeto Cadastro de Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste- Sergipe**. Aracaju: CPRM, 2002.
- FEITOSA, Fernando A.C (Coord.). **Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe**. Aracaju:CPRM, 2002. CD-Room.
- EMBRAPA. **Atlas de Qualidade da Água Subterrânea no Estado de Sergipe com Fins de Irrigação**. Aracaju, 2007. CD-Room.
- FEIJÓ, Flávio J. **Bacias de Sergipe e Alagoas**. In: Boletim de Geociências da PETROBRAS, nº 1, Vol. 8. PETROBRAS/CENPES/SINTEP, Rio de Janeiro, jan/mar/1994, p. 149-161.
- FEITOSA, Edilton. C(Coord.); FILHO, J. M., DEMÉTRIO, J. G. A., SANTOS, R.Q., SANTOS, M. A. V., AGUIAR, N. F., DEMÉTRIO, J. A. **Avaliação dos Aquíferos da Bacia Sergipe/Alagoas entre Aracaju e Capela**. Recife: LABHID-Laboratório de Hidrogeologia CTG/UFPE.PETROBRAS, 1998. 175 p.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. (2002). **Groundwater Quality Protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. Washington, D.C, The World Bank, 2002. 114 p.
- HIRATA, R. FERNANDES, J.A. **Vulnerabilidade à Poluição de Aquíferos**. In: FEITOSA, Fernando. C (org). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro:CPRM:LABHID, 2008. 812p.
- PETROBRAS- Petróleo Brasileiro S.A/ Departamento Nacional de Produção Mineral. **Cartas Geológicas da Bacia Sergipe/ Alagoas**. 1975.
- RIBEIRA, F. **Calidad. Contaminación y protection de acuíferos in III Curso Hispanoamericano de Hidrologia Subterrânea**. 4 de octubre al 3 de diciembre de 2004, Montevideo-UY.
- ROCHA, João, C.; CORREIA, Cibele de, O.; ROCHA, Sérgio, L. **Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba: Uma visão da Gestão de Recursos Hídricos Frente ao Uso e Ocupação da Terra**. In: II ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE. Aracaju, 2009.
- SEMARH/PROJETEC/ TECHNE. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe- SEMARH/ Projetos Técnicos

- Ltda- PROJETEC/ Engenheiros Consultores
Ltda- TECHNE. **ELABORAÇÃO DOS PLANOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS JAPARATUBA, PIAUÍ E SERGIPE- Diagnóstico Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba.** Aracaju-SE, Abril de 2010, Vol. 1, p.69.
Secretaria de Planejamento e da Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC)/Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH). **Atlas Digital de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe.** Aracaju, 2004. CD-Room.
- SILVA, Ardemírio Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Editora da Unicamp, 2003.