

Avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos costeiros pela intrusão salina em trecho da orla de Fortaleza, CE, Brasil

Marissa Chiareli de Alvarenga Andrade¹; José Luiz Albuquerque Filho²; Cláudio Benedito Baptista Leite³; Antônio Celso de Oliveira Braga⁴; Ana Maciel de Carvalho⁵; André Luiz Ferreira⁶

Resumo

Existem diversos métodos que permitem a determinação do perigo de contaminação de um aquífero com relação a cargas contaminantes, que atuam como instrumentos avaliativos de zoneamento da vulnerabilidade e oferecem um mapeamento geral da fragilidade de contaminação deste corpo d'água, fornecendo subsídios para o planejamento e gestão ambiental de uma determinada área ou município. Entre eles, dispõe-se do método GALDIT que se apresenta como o mais adequado para a avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos costeiros no local escolhido para pesquisa, na orla da cidade de Fortaleza. Refere-se à um método de fácil aplicabilidade, os dados são facilmente obtidos e se constitui em ferramenta específica para o estudo do problema em questão. Aplicando-se o método GALDIT em parte do aquífero costeiro de Fortaleza, pode-se observar que a maior parte da área classifica-se como média vulnerabilidade, a faixa mais próxima do mar, como alta vulnerabilidade, e apenas uma pequena área a sudoeste possui vulnerabilidade baixa à intrusão salina.

Palavras Chave: Aquíferos costeiros; Vulnerabilidade à intrusão salina; Método GALDIT.

Abstract

There are several methods that allow the determination of the danger of contamination of an aquifer with respect to contaminant loads, which act as evaluative tools of vulnerability zoning and provide a general mapping of the fragility of contamination of this water body, providing support for planning and environmental management of a particular area or city. Among these features is the GALDIT method that presents itself as the most suitable for the assessment of the vulnerability of coastal aquifers to contamination at the site chosen for research, on the coastal area of the city of Fortaleza. It refers to a method of easy application, the data are easily obtained and constitutes a specific tool for studying the problem. Applying the GALDIT method in part of the coastal aquifer in Fortaleza, it can be observed that most of the area is classified as middle vulnerability, the strip closest to the sea, is classified as high vulnerability, and only a small area, located southwest, has low vulnerability to saltwater intrusion.

Keywords: Coastal aquifer; Vulnerability to saltwater contamination; GALDIT Method.

^{1,2,5,6} Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Av. Prof. Almeida Prado nº532, São Paulo, SP, CEP 05508-901. Fone/Fax + 55.11.37674938.

¹ Engenheira Ambiental, Mestranda IPT. E-mail: marissaalvarenga@gmail.com

² Hidrogeólogo, Dr. E-mail: albuzelu@ipt.br

³ Professor Dr. E-Mail: claudio.leite@unifesp.br. Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, Campus de Diadema, rua São Nicolau, 210, Diadema, SP, CEP 09913-030. Fone +55 11 33193436

⁴ Professor Dr. E-mail: acobraga@rc.unesp.br. Universidade Estadual Paulista, Av. 24A, 1515, Rio Claro, SP, CEP 13506-900. Fone: +55.19.32569313.

⁵ Hidrogeóloga, Mestranda. E-mail: amaciel@ipt.br

⁶ Geógrafo. E-mail: andrel@ipt.br

1. INTRODUÇÃO

A exploração intensa de aquíferos costeiros acarreta potenciais riscos de contaminação e implica a necessidade da adoção de medidas para sua conservação, em especial a utilização de técnicas de cartografia de vulnerabilidade do recurso hídrico subterrâneo.

É possível, dependendo da situação em que se encontra o recurso e das condições hidrogeológicas predominantes, distinguir entre a proteção dos recursos hídricos subterrâneos (o aquífero como um todo) e as captações específicas (poços e nascentes). Se o uso potável compreender apenas uma parte menor do total do recurso hídrico disponível, então pode ser mais viável se voltar as estratégias de proteção para as captações ao invés de proteger o aquífero como um todo. Essa abordagem é mais adequada aos aquíferos mais uniformes, não fraturados e explorados por um número relativamente pequeno e fixo de poços de abastecimento (Foster et al., 2006).

No caso de Fortaleza, onde há um crescimento populacional e, conseqüentemente um aumento crescente de extrações individuais, é necessário uma abordagem mais ampla, voltada para o aquífero como um todo, mapeando, primeiramente, a vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster et al., 2006).

Existem diversos métodos que permitem a determinação da vulnerabilidade de um aquífero com relação à carga contaminante, que atuam como ferramentas avaliativas de zoneamento da vulnerabilidade e oferecem um mapeamento geral do risco de contaminação deste corpo d'água, fornecendo subsídios para o planejamento e gestão ambiental de uma determinada área ou município, com o objetivo de preservar e proteger os recursos hídricos.

O presente trabalho mostra os resultados da aplicação do Método GALDIT em pesquisa desenvolvida por ANDRADE (2012) em Dissertação de Mestrado intitulada “*Avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos costeiros pela intrusão salina em trecho da orla de Fortaleza, CE*”.

2. MÉTODO DE TRABALHO

O mapeamento da vulnerabilidade à contaminação em trecho da orla de Fortaleza, CE,, foi desenvolvido utilizando-se o Método GALDIT, desenvolvido por CHACHADI & LOBO FERREIRA (2005), que permite determinar a vulnerabilidade de um determinado aquífero à intrusão salina por meio de 5 parâmetros, os quais estão apresentados a seguir: ocorrência de aquíferos (G – *Groundwater occurrence*); condutividade hidráulica do aquífero (A – *Aquifer hydraulic conductivity*); nível piezométrico (L – *depth to groundwater Level above the sea*); distância à linha de costa (D – *distance from the shore*); impacto da existência de fenômenos de

intrusão salina na área (I – *Impact of existing status of sea water intrusion in the área*); e espessura do aquífero (T – *thickness of the aquifer being mapped*).

A partir da avaliação da área de trabalho, são atribuídos valores para cada parâmetro, que variam de 2,5 a 10, representando vulnerabilidade à intrusão salina baixa e alta, respectivamente. Para a determinação desses valores, existem tabelas que relacionam as características hidrogeológicas locais e o valor do parâmetro associado. Cada parâmetro possui seu coeficiente de ponderação, com base na maior e menor influência na vulnerabilidade, de acordo com o Quadro 1 (Chachadi & Lobo Ferreira, 2005).

Parâmetro GALDIT	Coefficiente de ponderação
G – Ocorrência de aquíferos	1
A – Condutividade hidráulica	3
L – Nível piezométrico	4
D – Distancia à linha de costa	4
I – Impacto do estado atual da intrusão salina na região	1
T – Espessura do aquífero	2

Fonte: Chachadi & Lobo Ferreira (2005)

Quadro 1 – Parâmetros GALDIT.

Dessa forma, o índice GALDIT é calculado utilizando a versão descrita em CHACHADI & LOBO FERREIRA (2005), por meio da Equação 1, onde são utilizados todos os parâmetros:

$$\text{Índice GALDIT} = (1 \cdot G + 3 \cdot A + 4 \cdot L + 4 \cdot D + 1 \cdot I + 2 \cdot T) / 15 \quad (\text{Equação 1})$$

A classificação da vulnerabilidade é descrita da seguinte forma e conforme o índice calculado pela Equação 1: Elevada: $\geq 7,5$; Moderada: $5 - \geq 7,5$; e Baixa: ≤ 5 .

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos costeiros em trecho da orla da cidade de Fortaleza, CE, está apresentado na Figura 1.

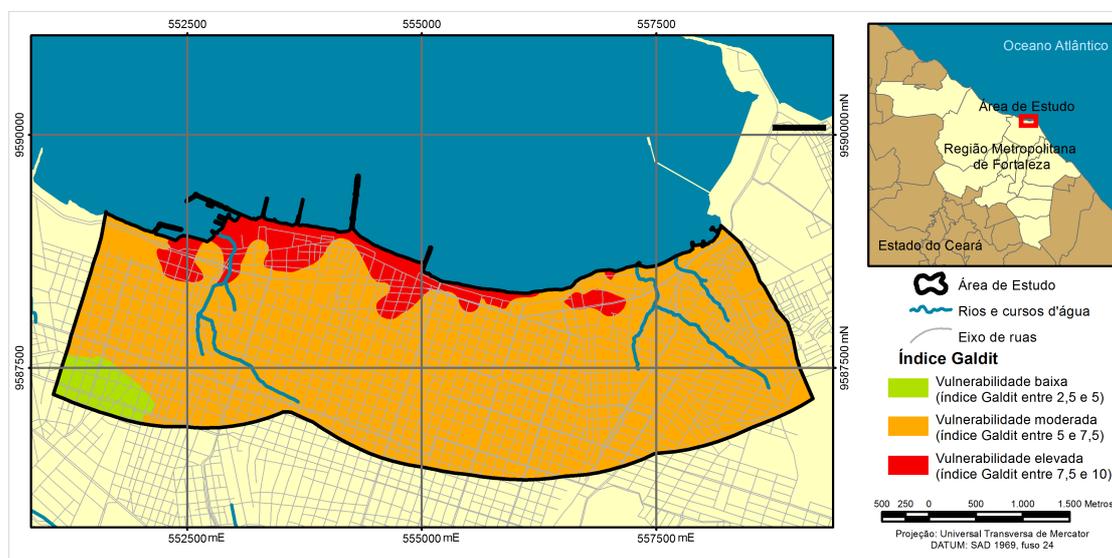


Figura 1 – Mapa de vulnerabilidade à intrusão salina na área de estudo.

Os dados para determinação dos parâmetros necessários para a aplicação do Método GALDIT foram obtidos na bibliografia e entidades da região e estão descritos por Andrade (2012).

A partir da análise do mapa do índice de vulnerabilidade à intrusão salina da região costeira de Fortaleza (GALDIT), tem-se que a maior parte da área classifica-se como média vulnerabilidade, a faixa mais próxima do mar, como alta vulnerabilidade, e apenas uma pequena área a sudoeste possui vulnerabilidade baixa à intrusão salina (Figura 1).

As áreas observadas com maior número de poços ou maior densidade populacional apresentam média vulnerabilidade à intrusão salina e a elevada vulnerabilidade encontrada na faixa costeira pode estar associada à proximidade com o mar, ao nível piezométrico e à grande concentração de hotéis que são abastecidos por água subterrânea. Pela análise da situação, vale ressaltar a importância da prevenção e da utilização de medidas minimizadoras desse tipo de contaminação (Andrade, 2012).

Assim sendo, avalia-se que os resultados ora obtidos podem se constituir em ferramenta muito útil para a gestão da ocupação e do uso da água subterrânea na zona costeira do município.

4. AGRADECIMENTOS

A primeira autora desse artigo agradece ao Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcanti (UFCE), a Johny Leanderson (COGERH) e à Equipe da CPRM de Fortaleza pelo apoio na obtenção de dados para a realização da pesquisa e, também, a todas as entidades e profissionais que contribuíram direta ou indiretamente com os trabalhos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. C. A. **Avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos costeiros pela intrusão salina em trecho da orla de Fortaleza, CE.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Coordenadoria de Ensino Tecnológico. Mestrado em Tecnologia Ambiental. Dissertação de Mestrado. 2012. 104 p.

CHACHADI, A. G. & LOBO FERREIRA, J. P. Assessing aquifer vulnerability to sea water intrusion using GALDIT method: Part 2 – GALDIT indicators description. **The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources**, Guimarães, Jul. 2005.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M. & PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** Washington: Banco Mundial, 2006. 104p.