

MODELAGEM GEOESTATÍSTICA HIDROGEOLÓGICA PARA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLUXO E TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

Caetano Pontes Costanzo¹, Alexandre Campana Vidal², Marina Marques Gimenez³ & Simony Yumi Yaginuma Sakamoto⁴.

Resumo: Este trabalho objetiva analisar o uso da geoestatística e da simulação numérica como ferramentas na compreensão da dinâmica de plumas de contaminação, vital para o gerenciamento de áreas contaminadas. Estas são capazes de simular tanto as configurações litológicas e hidrogeológicas como o transporte de solutos em meio subterrâneo. Este estudo foi dividido em cinco etapas: modelagem geoestatística hidrogeológica, simulação numérica do fluxo subterrâneo, calibração do modelo, simulação numérica do transporte de soluto e simulação da evolução do soluto em cinco e dez anos. As simulações numéricas foram realizadas com o software *Processing Modflow*, enquanto que a krigagem da indicatriz foi o método geoestatístico aplicado. A partir da modelagem geoestatística foi possível correlacionar o modelo de distribuição litológica e o comportamento do nível estático. A boa correlação entre as duas variáveis permite então a atribuição de condutividade hidráulica para cada grupo litológico. Os resultados do simulador ratificaram as premissas do modelo geoestatístico, ou seja, comportamento hidráulico coerente e possível descarga de contaminantes na região de menor carga hidráulica.

Abstract: The aim of this work is to evaluate the use of geostatistics and numerical simulation as tools in the understanding of the dynamics of contamination plumes, vital for the management of contaminated areas. They are able to simulate both lithologic and hydrogeologic conditions as well as the solute transport in groundwater. This study was divided into five steps: geostatistical and hydrogeological modeling, numerical simulation of groundwater flow, model calibration, numerical simulation of solute transport and simulation of the evolution of the plume in five and ten years. The numerical simulations were performed with the software *Processing Modflow*, while the "krigagem da indicatriz" was the method used for the geostatistical analysis. The geostatistical modeling

demonstrated a relation between the lithologic distribution and the behavior of the static water level. The correlation between these two variables allows the assignment of hydraulic conductivities for each lithology group. The results of the simulations ratified the geostatistical model assumptions: consistent hydraulic behavior and possible discharge of contaminants in the area of lowest hydraulic head.

Palavras-chave: Simulação, Geoestatística, Modelo, Transporte e Contaminantes.
Keywords: Simulation, Geostatistical, Model, Transport and Contaminants.

1 – INTRODUÇÃO

A caracterização de ambientes subterrâneos e a interação de contaminantes de origem antrópica são frequentemente estudadas para a compreensão do comportamento de plumas de contaminação.

Segundo Deutsch & Journel (1992) [1], dentre as diferentes vertentes de estudos estatísticos existentes, a geoestatística é aquela que tem por objetivo analisar a variabilidade espacial ou temporal de determinado conjunto de dados. Esta ferramenta oferece a possibilidade de descrever a continuidade espacial, característica importante para diversos fenômenos naturais.

As simulações numéricas, utilizadas para representarem sistemas reais, mesmo não retratando plenamente todos os detalhes existentes no meio subterrâneo, são ferramentas que subsidiam o gerenciamento de áreas contaminadas em relação à dinâmica de fluxo e transporte de contaminantes na água subterrânea (Fetter, 1994; Gorokhovski & Nute, 1996; Cleary, 1998; Bredehoeft, 2006 & Zheng *et al*, 2006, *apud* Sewaybricker, 2009) [2].

Sendo assim, a utilização destas duas ferramentas possibilita a simulação de configurações de litologia e nível d'água em subsuperfície (modelo hidrogeológico conceitual), a qual definirá as premissas das hipóteses a serem testadas na simulação numérica.

2 – MÉTODO

O trabalho foi dividido em cinco etapas básicas: (1) modelagem geoestatística hidrogeológica utilizando-se do software Sgems (Remy, 2004) [3], (2) simulação numérica do fluxo subterrâneo, (3) calibração do modelo com base nos dados observados, (4)

simulação numérica do transporte de soluto e (5) simulação da evolução do soluto em cinco e dez anos. As etapas 2, 3, 4 e 5 foram realizadas com o software *Processing Modflow*.

A base de dados utilizada refere-se a 32 poços de monitoramento instalados em área contaminada com inorgânicos, disponibilizada pela empresa Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental Ltda.

3 – RESULTADOS

A partir da modelagem geoestatística foi possível correlacionar dois aspectos hidrogeológicos: o modelo de distribuição litológica e o comportamento do nível estático. Ao analisar estas duas informações verificou-se que o maior rebaixamento da borda nordeste da área de estudo foi provocado pela presença maior de arenitos em área que predomina sedimentos argilosos (Figura 3-1).

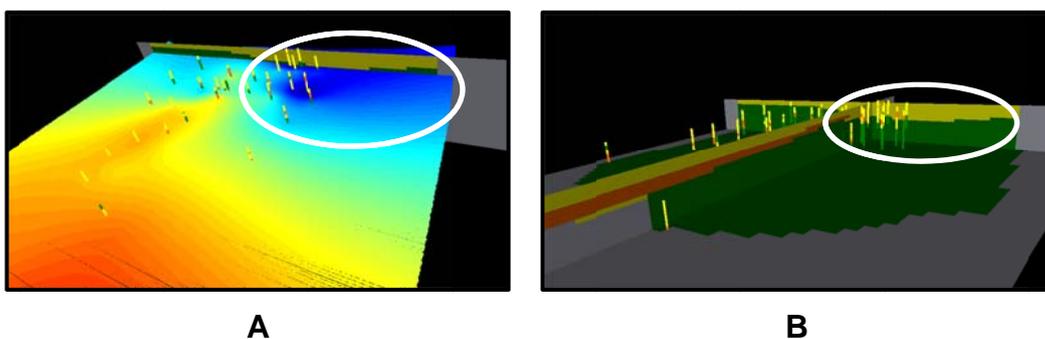
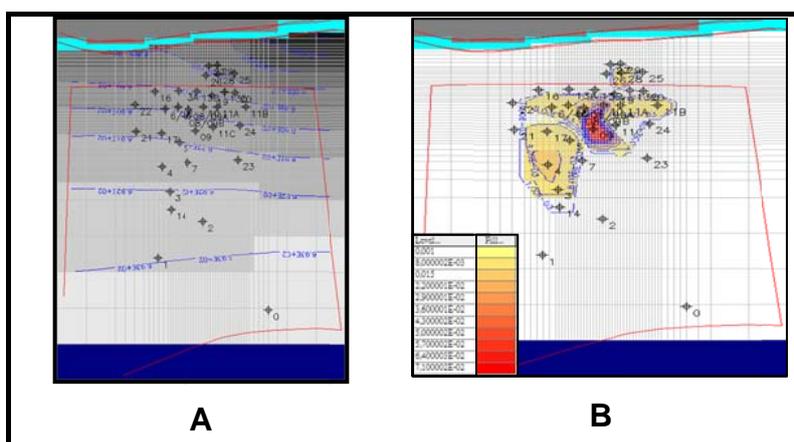


Figura 3-1: (A) Maior Rebaixamento do Lençol Freático no Limite NE da Área de Estudo (B) Distribuição litológica Verde - Sedimentos argilosos, Amarelo - Sedimentos Arenosos, Laranja - Cascalho.

Com a base de dados inserida no MODFLOW foi realizada a simulação inicial e os resultados obtidos puderam ser validados pelo comportamento do nível estático. A Figura 3-2 contempla a configuração das cargas hidráulicas modeladas e a evolução da contaminação em fase dissolvida ao longo do tempo.



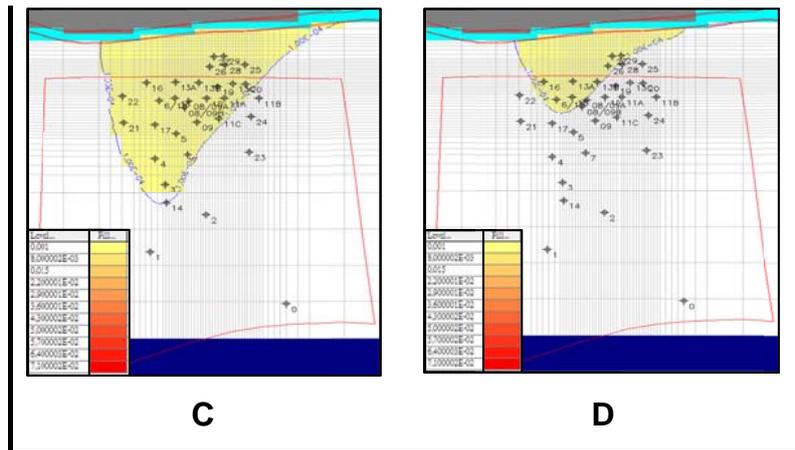


Figura 3-2: (A) cargas hidráulicas modeladas; (B); (C); (D) evolução da pluma dissolvida em 0, e 05, 10 anos respectivamente.

4 – CONCLUSÃO

A correlação entre o modelo litológico e o comportamento do nível estático foi constatada a partir dos resultados do modelo geoestatístico. As informações obtidas de nível estático são independentes da distribuição litológica. A boa correlação entre as duas variáveis permite a atribuição de condutividade hidráulica para cada grupo litológico. Caso contrário, as condições de fluxo poderiam estar relacionadas a outros fatores.

Os resultados do simulador ratificaram as premissas do modelo geoestatístico, ou seja, menores cargas hidráulicas na porção nordeste da área e possível descarga de contaminantes nesta região.

O modelo hidrogeológico elaborado por meio de técnicas geoestatísticas utilizado em conjunto com a simulação numérica de fluxo e transporte de contaminantes, pode auxiliar em tomadas de decisões em relação ao gerenciamento ambiental em áreas com problemas de contaminação.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEUTSCH, C. V. & JOURNEL, A. G. *Geostatistical Software Library and User's Guide*. Oxford University (1992). Press, 340p.

REMY, N., BOUCHER, A. WU, J. *Applied Geostatistics with SGeMS*. Cambridge University (2004) Press, 264p.

SEWAYBRICKER, V. V. Estudo de método para avaliação de incertezas na simulação de fluxo em meios porosos - Campinas, SP. (2009): [s.n.].