

## APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE KRIGEAGEM PARA A INFERÊNCIA DE DADOS AMBIENTAIS NO RESERVATÓRIO DE MOXOTÓ

CLEBENILSON DA COSTA ARAÚJO<sup>1</sup>  
ROSANGELA SAMPAIO REIS<sup>2</sup>  
WILLIAM SEVERI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFAL - Universidade Federal de Alagoas  
Campus A.C. Simões – 57072-970 – Maceió-AL, Brasil  
cnilson@ieg.com.br

<sup>2</sup>UFAL - Universidade Federal de Alagoas  
Campus A.C. Simões – 57072-970 – Maceió-AL, Brasil  
rsr@fapeal.br

<sup>3</sup>UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Dois irmãos, Recife-PE, Brasil  
wseveri@truenet.com.br

**Abstract.** This paper presents the application of the geostatistics methods of Kriging, available in the software Idrisi32, for a sample point set on the Moxotó Reservoir – BA, Brazil. The geostatistical techniques for interpolation, named kriging, consider the environmental attributes as random variables allowing the inference of uncertainties related to the estimated values.

**Keywords:** kriging, geostatistic, reservoir, limnology.

### 1. Introdução

Em muitos estudos limnológicos os parâmetros ambientais são coletados através de amostras em determinados pontos pré-estabelecidos, de forma que se conheçam as coordenadas x e y destes, bem como seus respectivos valores. Mas, segundo Camargo et al.(2000), para gerar uma representação na forma de grade regular se faz necessário um procedimento de interpolação.

A determinação da quantidade de pontos de amostragem é influenciada por vários fatores e, de acordo com Novo et al. (1995), dois merecem destaque: o custo das coletas e o tempo requerido para levá-las a efeito. Assim, numa determinada área de estudo, faz-se necessário o uso de técnicas para estimar os valores dos parâmetros analisados em locais não amostrados.

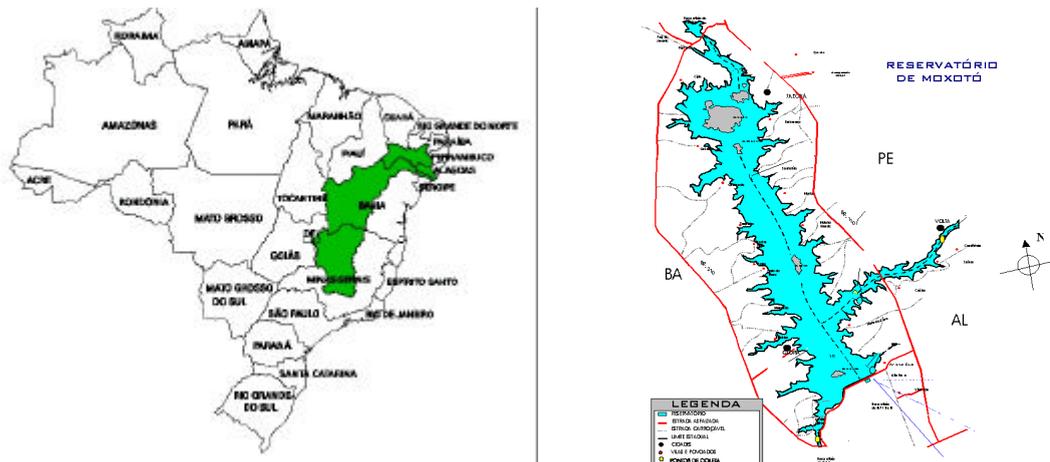
A krigeagem compreende um conjunto de técnicas de estimação e predição de superfícies baseada na modelagem da estrutura de correlação espacial. O que diferencia a krigeagem de outros métodos de interpolação é a estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento de redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no processo inferencial e o erro associado ao valor estimado, Camargo et al.(2000).

Neste contexto, este trabalho se propõe a inferir, através de procedimento geoestatístico de krigeagem ordinária, a variabilidade espacial de alguns parâmetros ambientais de qualidade da água, tais como alcalinidade, nitrito, nitrato, entre outros, a partir de dados pontuais, coletados *in situ*, em um reservatório do semi-árido brasileiro.

### 2. Área de Estudo

O vale do São Francisco está dividido em 4 regiões fisiográficas: Alto, que se estende desde as cabeceiras no município de São Roque de Minas até a cidade de Pirapora (MG); Médio, que compreende o trecho desde Pirapora até a cidade de Remanso (BA); Submédio, que

estende-se de Remanso até a cidade de Paulo Afonso (BA) e Baixo São Francisco, de Paulo Afonso à foz, no Oceano Atlântico. A área da pesquisa foi delimitada no trecho a jusante do barragem do reservatório de Itaparica até a barragem do reservatório de Moxotó (**Figura 1**), no submédio São Francisco, situada em áreas dos Estados de Pernambuco e Bahia. A região do sub-médio está situada no semi-árido nordestino. O clima, segundo a classificação de Köeppen, é o semi-árido de estepes (Bshw), com precipitações médias anuais de 560 mm.



**Figura 1.** Reservatório de Moxotó, localizado no submédio do São Francisco.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Coleta de Dados

Os dados foram coletados em 76 pontos de amostragem distribuídas ao longo do reservatório de Moxotó, na superfície, meio e fundo da coluna d'água. Os valores de pH, temperatura, OD e condutividade foram obtidos *in situ* com um medidor Horiba U-22. As concentrações de nutrientes e sólidos em suspensão totais foram determinados segundo o método gravimétrico (Teixeira *et al.*, 1965 e Tundisi, 1969)

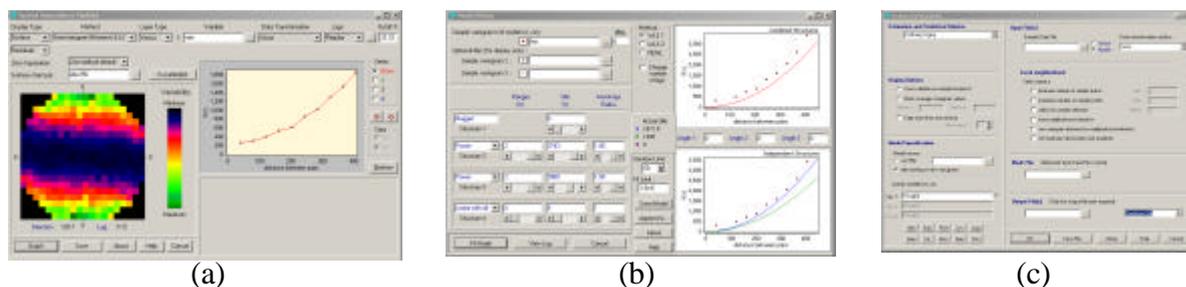
#### 3.3. Krigagem ordinária - aplicação do Software Idrisi32

A base georreferenciada utilizada foi obtida a partir de uma imagem do satélite Landsat 5, órbita 216 e ponto 66, sendo as coordenadas dos 76 pontos de coleta plotadas com auxílio do software Cartalinx, a partir dos valores de latitude e longitude obtidos com o auxílio de um GPS.

Exportando-se os pontos do Cartalinx para o Idrisi32, serão realizadas as etapas necessárias ao processo de interpolação. No Idrisi32 a técnica de krigagem é dividida em três fases, ou módulos (**Figura 2**):

- Modelo de Dependência Espacial;
- Ajuste de Curva;
- Krigagem e Simulação.

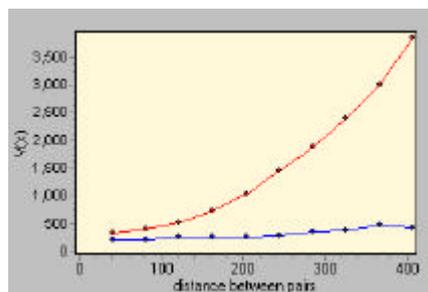
No Módulo de Dependência Espacial, com o auxílio de um semivariograma de superfície, onde podemos estimar as direções de maior e menor variabilidade espacial dos pontos amostrados (eixos de anisotropia), determina-se o semivariograma. Identificados os eixos, calcula-se os dois semivariogramas experimentais direcionais e procede-se ao ajuste dos mesmos (**Figura 3**). O passo seguinte é combiná-los num único modelo.



**Figura 2.** Os três módulos componentes da técnica de krigeagem do Idrisi32: Modelo de Dependência Espacial (a), Ajuste de Curva (b) e Krigeagem e Simulação (c).

No Ajuste de Curva será determinado o modelo teórico de semivariograma que mais se aproxime do semivariograma experimental, onde os parâmetros Efeito Pepita, Alcance e Patamar vão sendo combinados até que se ache o modelo mais adequado.

Por fim, será utilizado o módulo de krigeagem e simulação, tendo como entrada o modelo devidamente ajustado.



**Figura 3.** Exemplo de um semivariograma experimental para as direções de maior e menor variabilidade espacial de um fenômeno.

#### 4. Resultados

O uso de técnicas de interpolação, como a krigeagem ordinária, a partir da introdução de dados georeferenciados, possibilita a discriminação de regiões com valores diferenciados do parâmetro ambiental estudado, sobre todo o reservatório, ampliando as possibilidades de inferência das condicionantes a esta variabilidade.

O principal resultado esperado nesse estudo é a obtenção de mapas que permitam a determinação dos parâmetros analisados em qualquer ponto dentro do reservatório.

#### 5. Referências

Camargo, E. C. G. Análise Espacial de Superfície por Geoestatística. In: Análise Espacial. [online]. <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/cap3superficies.pdf>> Nov. 2000

Deutsch, C. V. ; Journel, A. G. GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide. New York, Oxford University Press, 1998. 369p.

Felgueiras, C. A. ; Monteiro, A. M. V.; Fuks, S. D. e Camargo, E. C. G. Inferências e Estimativas de Incertezas Utilizando Técnicas de Krigeagem Não Linear. [online] <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/incertezas>. 1999.

Novo, E. M. L. M.; Lobo, F.; Calijuri, M. C. Remote Sensing and Geographical Information System Application to Inland Water Studies. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.;Tundisi, T.M. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro, 1995. 384p.