

AValiação DE MODELOS DE INTERPOLAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

R.F.Caitano¹, F.B.Lopes², L.O.Costa³, A.S.Teixeira⁴

RESUMO – A geoestatística apresenta aplicação crescente na avaliação da variabilidade espacial de parâmetros de interesse em ciências agrárias. A utilização inadequada da técnica pode mascarar o resultado estimado, subestimando ou superestimando os resultados finais. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho do interpolador de krigagem, a partir do melhor modelo de semivariograma para espacialização de dados de precipitação do Estado do Ceará. Utilizaram-se índices para avaliar a acuracidade dos modelos. Os modelos krigagem exponencial e esférico demonstraram-se mais eficientes para estimativa das precipitações médias anuais no Estado do Ceara, pois apresentaram uma satisfatória entre os valores reais e os valores estimados, baseado no menor REMQ e nos demais índices estatísticos que apontam nesta direção.

Palavras chave: SIG, Geoestatística, Analise Espacial, Krigagem

ABSTRACT – Geostatistics has growing application in the assessment of spatial variability of parameters of interest in agricultural sciences. The improper use of the technique can mask the estimated values, underestimating or overestimating the final results. The aim of this work was assess the performance of kriging interpolation method, based on the best semivariogram model for rainfall data spatial distribution of the State of Ceará. Indices were used to assess the accuracy of the models. The kriging exponential and spherical models have proved more efficient to estimate the average annual rainfall in the state of Ceará, due a satisfactory relationship between the actual and estimated values, based on the lowest REMQ and other statistical indices pointing in this direction.

Keywords: GIS, Geoestatistic, Kriging

¹ Engenheira Agrônoma, Mestranda, Depto. de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fone: (085) 33669765. E- mail: rafaela_caitano@yahoo.com.br.

² Mestre em Agronomia Irrigação e Drenagem, Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de Enga. Agrícola, UFC, Fortaleza - CE

³ Graduanda em Agronomia, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Prof. Ph.D, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE.

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a distribuição da precipitação pluvial é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos hidrológicos e/ou agrícolas. Dependem do conhecimento das precipitações, o planejamento e o manejo de sistemas de irrigação, a escolha de épocas para o plantio, o manejo do solo com fins conservacionistas, o dimensionamento de sistemas de drenagem, entre diversas outras atividades (REIS et al., 2005). A geoestatística é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno em estudo (CÂMARA et al., 1999). Ela vem apresentando aplicação crescente na avaliação da variabilidade espacial de parâmetros de interesse em ciências agrárias, permitindo o mapeamento, a quantificação e a modelagem de fenômenos contínuos, através da interpolação de pontos amostrados (VIEIRA, 1997; SOUZA et al., 1998). A interpolação é uma técnica útil quando os dados referentes a uma determinada área são pontuais e se quer ter conhecimento dos valores de abrangência dessas amostras. No entanto, o manuseio inadequado da técnica pode mascarar o resultado estimado, subestimando ou superestimando os resultados finais. Apesar de que vários trabalhos têm sido desenvolvidos com a utilização de métodos de interpolação espacial para estimativas de parâmetros geograficamente distribuídos; poucos têm se atentado para a necessidade de definir o melhor método de interpolação para cada circunstância, o que é realizado através da avaliação do desempenho dos interpoladores (LENNON & TUNNER, 1995). Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho do interpolador de krigagem, a partir do melhor modelo de semivariograma para espacialização de dados de precipitação do Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao Estado do Ceará que está inteiramente inserido na região intertropical, entre os paralelos 2,5° e 8° de latitude Sul e os meridianos 37° e 42° de longitude Oeste. O Estado tem área total igual a 146.348,30 km², equivalente a 9,37% da área da região Nordeste e 1,7% da superfície do Brasil (GEC, 2010).

Para o cálculo da precipitação média anual foram utilizados valores de precipitação diários de 148 estações meteorológicas distribuídas por todo o Estado do Ceará (Figura 1). Os dados pluviométricos foram provenientes da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos

Hídricos (FUNCEME). O número de estações meteorológicas selecionadas foi determinado em função das séries históricas de modo que todas contivessem um período, no mínimo, superior a 30 anos de registros sem falhas, abrangendo os anos entre 1976 e 2010.

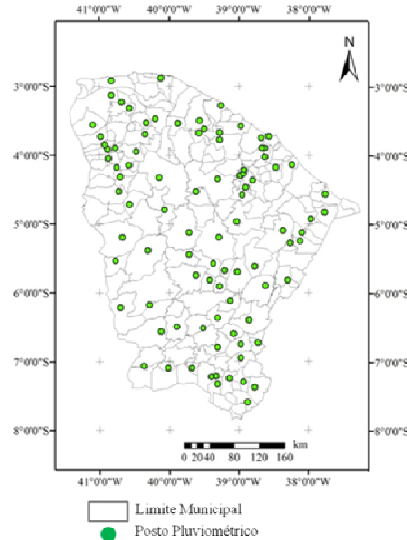


FIGURA 1- Localização dos Postos Pluviométricos no Estado do Ceará.

A base de dados digital consistiu nos arquivos vetoriais dos limites do Estado do Ceará e da localização de cada posto pluviométrico com seus respectivos valores de precipitação média anual.

Os valores amostrais de precipitação foram submetidos a uma análise descritiva a fim de se verificar alguma anormalidade dos mesmos, realizando-se, em seguida, a análise geoestatística visando quantificar o grau de dependência espacial dos dados, através de um semivariograma experimental, estimado pela Equação 1.

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (\text{Eq.1})$$

em que:

$\gamma^*(h)$ – valor do semivariograma estimado para a distância h ;

$Z(x_i)$ – valor amostral da variável estudada no ponto x_i ;

$Z(x_i + d)$ – valor amostral da variável estudada no ponto $(x_i + d)$;

d – distância entre os pontos amostrais e ;

$N(d)$ – número de pares possíveis, dentro da malha de amostragem, com distância d .

O ajuste dos semivariogramas teóricos foi realizado para os modelos testados para o método da krigagem – exponencial, esférico e gaussiano. Realizou-se a validação cruzada dos dados obtidos por todos os modelos, através da metodologia proposta por CARUSO & QUARTA (1998) na qual uma amostra é descartada sucessivamente na realização da

interpolação e assim, é possível obter o valor estimado (E) relativo a amostra retirada e, posteriormente, compará-lo como valor real da variável (O). Foram utilizados os softwares ArcMap, versão 9.2 (ESRI) e Spring, versão 5.1.7 (INPE).

Utilizou-se como critérios de decisão para a avaliação do desempenho e seleção do modelo, o menor valor da raiz do erro médio quadrático (REM_Q), conforme LEGATES & MCCABE JR. (1999) definido pela Equação 2; o índice de confiança (c), que consite no produto do coeficiente de correlação (r) pelo índice de concordância (d). proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997) (Tabela 1); e o maior valor do coeficiente de determinação (R²) da análise de regressão linear.

$$REM_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^J (O_i - E_i)^2}{J}} \dots\dots\dots (Eq.2)$$

em que:

O – valor real observado (amostra);

E – valor estimado pelo método (interpolado);

J – número de observações.

Tabela 1- Análise do desempenho do modelo com base no índice de confiança (CAMARGO e SENTELHAS, 1997)

Valor de c	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os mapas de distribuição espacial da precipitação no Estado do Ceará utilizando-se o método da krigagem com ajustes para os modelos exponencial (Figura 2A), esférico (Figura 2B) e gaussiano (Figura 2C). As áreas em vermelho expressam os menores valores de precipitação enquanto as áreas coloridas em azul turquesa, os maiores. Variações podem ser observadas entre os diferentes modelos de ajuste do interpolador através das tonalidades das cores, sendo sensíveis as diferença nas proximidades dos postos pluviométricos que registraram os valores extremos (mínimos e máximos) de lâmina precipitada.

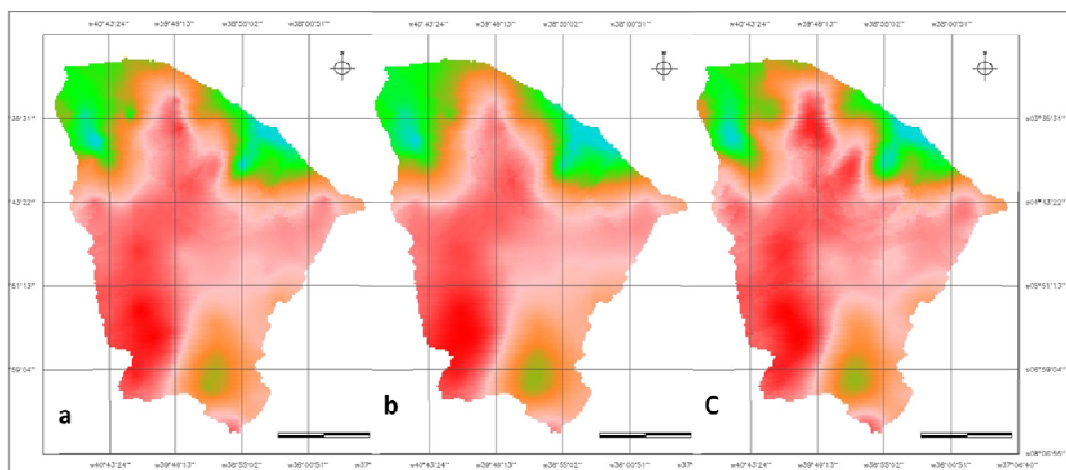


FIGURA 2 - Distribuições espaciais da precipitação média anual no Ceara, obtidas por meio de krigagem exponencial (A); esférica (B) e gaussiana (C).

Na Figura 3 são ilustrados os valores de REMQ obtidos com o uso de cada um dos modelos de ajuste. Verifica-se que, segundo este parâmetro, a precipitação média anual foi melhor estimada com o ajuste do semivariograma pelo modelo esférico, já que este apresentou o menor erro quadrático médio em relação aos demais. Esse resultado vai de encontro com os adquiridos por CASTRO et al. (2010) que, ao avaliarem o desempenho de interpoladores para a precipitação no Estado do Espírito Santo, observaram que o modelo Exponencial apresentou menor valor de REMQ. Este fato enfatiza a necessidade da avaliação dos métodos e modelos de interpolação para as diversas condições de estudo.

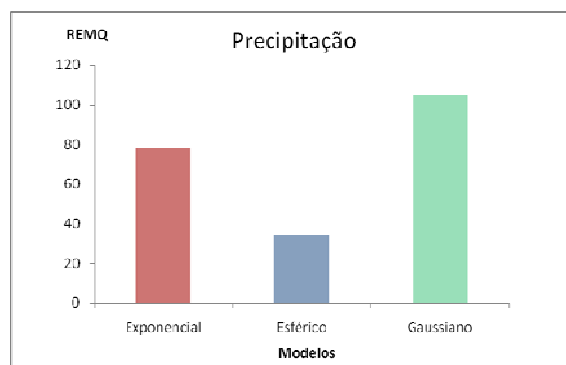


FIGURA 3 - Valores de REQM para os modelos usados na interpolação dos dados de Precipitação no Estado do Ceará.

A Tabela 2 apresenta os índices estatísticos calculados, com base na validação cruzada dos dados, para analisar o desempenho dos modelos de interpolação para a espacialização da precipitação média anual. De acordo com o critério definido por CAMARGO & SENTELHAS (1997), os modelos krigagem exponencial e esférico foram considerados “bons” para a estimativa dos valores de precipitação enquanto o modelo gaussiano foi clasificado como “mediano”. Resultados obtidos por CASTRO et al. (2010) apontaram a

mesma direção, tendo os autores classificado o modelo exponencial como “bom” e o gaussiano como “sofrível”. A análise estatística da Tabela 2 indica ainda que os melhores coeficientes de determinação foram obtidos para os modelos exponencial e esférico com 50 e 53% dos dados ajustados. Os valores dos coeficientes de determinação são baixos mas justificados pelo fato da variável em estudo apresentar grande variação espacial.

Tabela 2 - Índices estatísticos calculados visando à análise do desempenho dos modelos para estimativa da precipitação média anual, no Estado do Ceará.

Modelo	R²	D	C	Desempenho
Exponencial	0.531	0.975	0.71	Bom
Esférico	0.509	0.995	0.71	Bom
Gaussiano	0.396	0.956	0,6	Mediano

CONCLUSÃO

Os modelos krigagem exponencial e esférico demonstraram-se mais eficientes para estimativa das precipitações médias anuais no Estado do Ceara, pois apresentaram uma relação satisfatória entre os valores reais e os valores estimados, baseado no menor REMQ e nos demais índices estatísticos que apontam nesta direção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÂMARA, G. et al.. Geoprocessamento: Teoria e aplicação. v.1. INPE. 1999.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CARUSO, C. e QUARTA F. Interpolation Methods Comparison. Computers Mathematical application. v. 35, p. 109-126, 1998.
- CASTRO et al. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.8, p.871-880, 2010.
- LEGATES, D. R.; MCCABE Jr., G. J. Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research, v.35, n.1, p.233-241, 1999.
- LENNON, J. J.; TURNER, J. R. G. Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. Journal of Animal Ecology, n.64, p.392-670, 1995
- REIS. M.H. et al.. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. Anais do XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2005).
- SOUZA, L. S. et al. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica em relação a sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p.77-86, 1998
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos de uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas – SP. Bragantia, v.1, n.56, p.181-190, 1997.