

INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DE SOJA EM DUAS ÁREAS AMOSTRAIS

NELSON MIGUEL BETZEK¹, EDUARDO GODOY DE SOUZA², CLAUDIO LEONES BAZZI³,
MARCIO ANGELO MATTÉ⁴, KELYN SCHENATTO⁵

¹ Tecnólogo em Processamento de Dados, Mestre e Doutorando em Engenharia Agrícola – PGEAGRI/UNIOESTE/Cascavel-PR, Prof. da UTFPR/Câmpus Medianeira, PR, (45) 8807-9585, nmbetzek@gmail.com.

² Eng. Mecânico, Prof. Associado da UNIOESTE/CASCADEL/CCET/PGEAGRI/SBA, Grupos de Pesquisa GROSAP e GGEA, Pesquisador de Produtividade do CNPq, Cascavel, PR.

³ Tecnólogo em Proc. de Dados, Doutor em Engenharia Agrícola-PGEAGRI, Prof. Dr. Adjunto da UTFPR Medianeira, PR.

⁴ Tecnólogo em Desenv. de Sistemas de Informação, Mestrando em Eng. Agrícola-PGEAGRI, UNIOESTE Cascavel, PR.

⁵ Tecnóloga em Análise e Desenv. de Sistemas, Mestre e Doutoranda em Eng. Agrícola-PGEAGRI, UNIOESTE Cascavel, PR.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: A agricultura de precisão faz uso de métodos matemáticos e estatísticos, que a partir de amostras georreferenciadas, permitem interpolar dados e gerar superfícies contínuas, as quais representam os níveis de atributos da área e a localização de onde há maior ou menor concentração do atributo. Com o objetivo de observar a influência do interpolador, valores da produtividade de soja safra 2010/2011 em duas áreas experimentais foram mensurados usando inverso da distância (ID), inverso da distância ao quadrado (IQD) e krigagem ordinária, e comparados por meio dos índices Kappa, Tau e CDR. Apesar de apresentarem diferentes potenciais produtivos, não se observou, para cada área, influência significativa do tipo de interpolador. Ocorreu maior suavização dos valores mensurados pelos métodos da krigagem e ID, e conseqüentemente, menor influência nos dados originais com IQD.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, geoestatística, métodos determinísticos.

INFLUENCE OF THE INTERPOLATION METHOD ON SOYBEAN YIELD IN TWO SAMPLE AREAS

ABSTRACT: Precision agriculture uses mathematical and statistical methods, that from georeferenced samples, allow interpolate data and generate continuous surfaces, which represent the levels of attributes and location of the area where there is a higher or lower concentration of the attribute. With the objective of observing the interpolator influence, values of soybean yield, 2010/2011 harvest in two experimental areas were measured using inverse of distance (ID), inverse of squared distance (ISD) and ordinary Kriging, and compared using the Kappa, Tau and CDR indices. Although having different yield potential, it was not observed in each area, significantly influences on the type of interpolator. There was larger smoothing of the values measured for methods Kriging and ID, and consequently, the lower influence in the original data was with ISD.

KEYWORDS: deterministic methods, geostatistics, precision agriculture

INTRODUÇÃO: As informações dos mapas de distribuição espacial produzido por meio dos interpoladores são utilizadas para a aplicação da agricultura de precisão. Os valores mensurados para os locais não amostrados podem divergir, considerando os diferentes métodos de interpolação, o que pode influenciar na aplicação localizada de insumos. Segundo Molin (2008), vizinho mais próximo, inverso da distância elevado a uma potência (IDP) e krigagem, são os métodos de interpolação mais utilizados, diferenciando-se pela maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. Na interpolação usando IDP, os pesos são definidos como o inverso da distância elevado a uma potência, em que a distância é a que separa o valor interpolado dos valores observados. IDP são métodos

determinísticos em que os pesos dos dados são avaliados durante o processo de interpolação e a influência de cada ponto amostrado é inversamente proporcional à distância do ponto a ser estimado (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). A krigagem é um processo geoestatístico que estima valores para variáveis distribuídas no espaço e/ou tempo, com base em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica. É um método que apresenta estimativas não tendenciosas e a mínima variância associada ao valor estimado (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). A krigagem fornecer um algoritmo dos erros associados aos resultados obtidos, através de um modelo contínuo de variação espacial, e assim, é considerado um método de interpolação flexível e robusto e procura expressar as tendências direcionais que os dados sugerem, evitando, assim, o efeito de “olho-de-touro”, resultado de muitos interpoladores como o IDP (CRESSIE, 1993). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar se houve influência por parte do interpolador nos resultados obtidos por diferentes métodos de interpolação em duas áreas amostrais relativo à produtividade de soja, safra 2010/2011.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados referentes à produtividade de soja foram coletados em duas propriedades agrícolas no oeste do Paraná. A área A, localizada na zona rural do município de Cascavel, PR, com 19,6 ha, com centro geográfico em 24°57'19" S e 53°33'60" O e elevação média de 706 m, e a área B, localizada em Serranópolis do Iguaçu, PR, com 19,8 ha, com centro geográfico em 25°26'49" S 54°04'59" O e elevação de 280 m. Ambas áreas são manejadas pelo sistema de plantio direto a mais de 10 anos, com sucessão das culturas de soja, milho e aveia. Durante este período foram realizadas análises químicas do solo e efetuadas correções de calcário e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme recomendações técnicas. As grades amostrais com 55 e 56 pontos, foram definidas considerando, além da distância alternada de 20, 40 e 60 metros, sua localização próxima a linha imaginária central de cada curva de nível. A colheita das amostras de soja foi realizada manualmente, a partir de cada ponto amostral, colhendo-se duas linhas em um percurso de um metro, sendo o espaçamento entre linhas de 0,45 m, correspondendo uma área de aproximadamente 0,9 m². Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise exploratória, visando identificar pontos discrepantes e espacialmente por meio da geoestatística para identificar a estrutura de variabilidade espacial, por meio do software ArcView 9.3. A semivariância foi calculada utilizando-se o estimador clássico de Matheron. Os modelos teóricos utilizados foram o esférico, o exponencial e o gaussiano, e por meio da validação cruzada (FARACO et al., 2008) selecionou-se o melhor modelo. Para a interpolação dos dados e construção dos mapas temáticos foram utilizados os métodos ID, IQD e krigagem ordinária (Kri). A avaliação da concordância entre mapas foi realizada por meio da matriz de erros calculando os índices Kappa e Tau (DALPOSSO et al., 2012). Também visando avaliar a similaridade entre os mapas temáticos gerados, foi utilizado o coeficiente de desvio relativo - CDR (Equação 1 e 2), que calcula a diferença percentual média em módulo dos valores interpolados em cada mapa, considerando um deles como padrão (COELHO et al., 2009).

$$CDR_i = \left(\frac{P_i - P_{ipad}}{P_{ipad}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$CDR = \frac{\sum_{i=1}^n |CDR_i|}{n} \quad (2)$$

em que, CDR_i - coeficiente de desvio relativo pontual, %; CDR - coeficiente de desvio relativo, %; n - número de pontos estimados; P_{ipad} - ponto i do mapa padrão; P_i - ponto i para o mapa a ser comparado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As informações obtidas por meio da estatística descritiva (Tabela 1) permitiram observar que a produtividade na Área B, com média de 4,47 t ha⁻¹, foi superior à Área A (3,24 t ha⁻¹). Demais medidas também seguem a mesma tendência de valores, sendo que as medidas de tendência central (média e mediana) foram iguais na Área A e muito próximas na Área B, tendo o CV sido classificado como médio para ambas áreas.

TABELA 1. Estatística descritiva da produtividade de soja para áreas amostrais.

Produtividade (t ha ⁻¹)	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Amp.	DP	CV
Área A	2,30	3,24	3,24	4,64	2,34	0,52	16,1% (m)
Área B	2,92	4,47	4,52	6,36	3,44	0,65	14,4% (m)

Amp: amplitude; DP – Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação: baixo (b); médio (m), alto (a), muito alto (ma).

Por meio da análise geoestatística e utilização da validação cruzada, o modelo gaussiano foi selecionado como melhor ajuste para a Área A e esférico para a Área B. A influência dos interpoladores IQD, ID e krigagem, foi avaliada por meio dos mapas gerados para cada amostragem (Figura 1) e os resultados foram similares. Em ambas as áreas, o interpolador IQD apresentou os maiores valores de máximo e os menores valores de mínimo, propiciando assim a construção de mapas com cinco classes. Na área A o ID classificou os valores interpolados em quatro classes, porém, sendo que praticamente 100% em duas classes centrais. A krigagem propiciou classificação em somente duas classes, consequência da maior suavização ocorrida no processo de interpolação. Na área B a krigagem propiciou classificação em três classes e o ID em cinco, sendo que praticamente 100% nas três classes centrais.

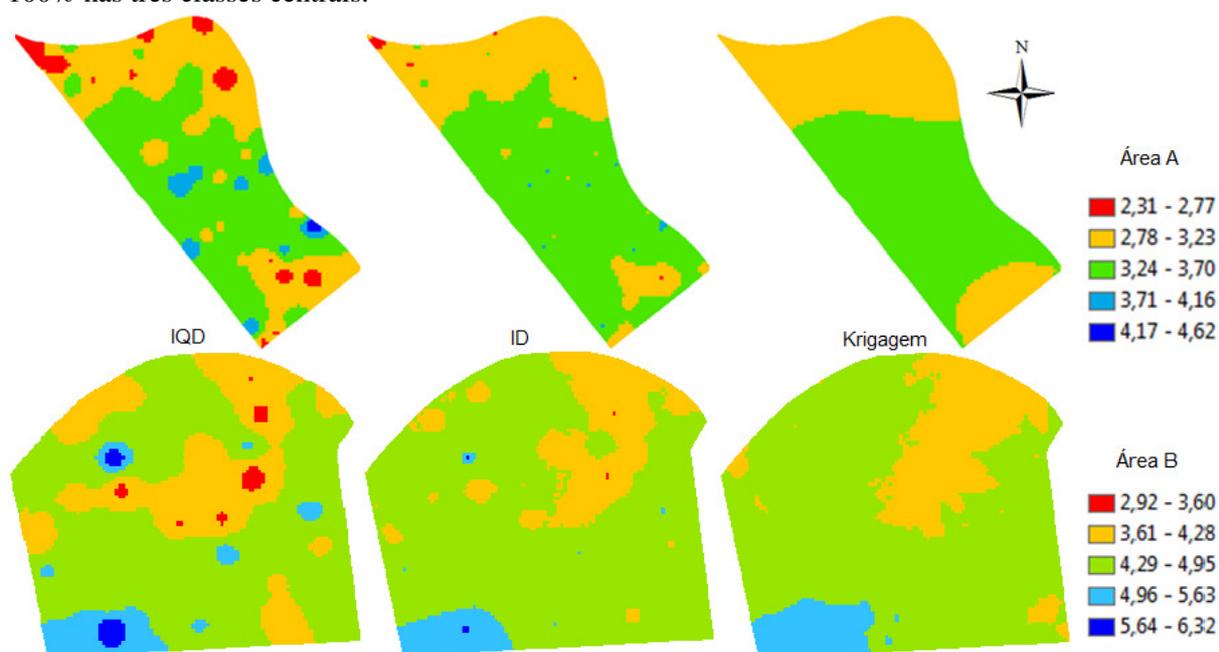


FIGURA 1. Mapas temáticos da produtividade (Área A e Área B), interpolados por inverso do quadrado da distância (IQD), inverso da distância (ID) e krigagem (Kri).

O IQD foi o método que proporcionou menor variação nos valores de mínimo e máximo e consequentemente na amplitude dos dados, DP e CV (Tabela 2), resultados semelhantes aos encontrados por BAZZI et al. (2010). Os valores interpolados por krigagem foram os que apresentaram maior variação em relação aos dados originais, e que independente da área e do método utilizado, os valores para a média e mediana sofreram pequena variação.

TABELA 2. Efeito dos interpoladores sobre os conjuntos de dados da produtividade

Produtividade	Interpolador	Varição no valor Mínimo	Varição na Média	Varição na Mediana	Varição no valor Máximo	Varição no DP	Varição no CV	Varição na Amplitude
Área A	IQD	0,3%	0,1%	1,3%	-0,5%	-46,4%	-46,4%	-1,2%
	ID	8,8%	0,5%	1,2%	-11,5%	-73,7%	-73,9%	-31,4%
	Kri	23,4%	0,3%	0,8%	-24,1%	-64,8%	-64,9%	-70,7%
Área B	IQD	0,4%	0,2%	-1,4%	-0,7%	-40,2%	-40,3%	-1,7%
	ID	13,5%	0,3%	-1,9%	-5,6%	-60,7%	-60,8%	-21,9%
	Kri	33,4%	0,3%	-1,7%	-14,9%	-60,7%	-60,8%	-55,9%

DP – Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação.

A suavização dos dados apresentada pelos métodos da krigagem e ID propiciou maior concordância entre os mapas gerados por estes interpoladores (Tabela 3), sendo que para a área A, obteve-se o coeficiente de 0,75 para o índice Kappa, 0,85 para o índice Tau e 2,5% para o CDR. Para a área B,

também o melhor Kappa (0,65), Tau (0,82) e CDR (2,1) foi entre ID e krigagem. Neste caso o índice Kappa classifica os mapas como grau de concordância forte segundo Landis e Koch (1977).

TABELA 3. Comparação entre mapas gerados por diferentes interpoladores por meio dos índices Kappa, Tau e CDR

Produtividade	Interpoladores	Kappa	Tau	CDR
Área A	krigagem x IQD	0,51	0,67	4,4%
	krigagem x ID	0,75	0,85	2,5%
	IQD x ID	0,59	0,73	3,8%
Área B	krigagem x IQD	0,45	0,67	4,2%
	krigagem x ID	0,65	0,82	2,1%
	IQD x ID	0,57	0,75	2,9%

CONCLUSÕES: A concordância entre os mapas temáticos gerados pelos três interpoladores foi alta, com exceção da comparação entre krigagem e IQD na área B. Os valores estimados pelo inverso do quadrado da distância (IQD) sofreram menor variação nos valores de mínimo e máximo, causando menor influência nos dados originais. Neste estudo, apesar da maior produtividade na área B, os valores estimados não foram influenciados significativamente por nenhum dos métodos utilizados para interpolação.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à CAPES, à Fundação Araucária, à UNIOESTE e à UTFPR, pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS:

- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P.; PINHEIRO NETO, R. Influência da distância entre passadas de colhedora equipada com monitor de colheita na precisão dos mapas de produtividade na cultura do milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 355-363, 2008.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; QUEIROZ, F. N.; SANTOS, D. KONOPATZKI, M. R. S. Influência do tipo de interpolador em mapas de resistência a penetração. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ConBAP 2010, Ribeirão Preto-SP, 2010.
- COELHO, E. C.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2009.
- CRESSIE, N. A. *Statistics for spatial data*. New York: John Wiley & Sons, 1993. 900 p.
- DALPOSSO, G. H.; URIBE-OPAZO, M. A.; MERCANTE, E.; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Comparison measures of maps generated by geostatistical methods. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 174-183, 2012.
- FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M.A.; SILVA, E. A. A.; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 463-476, 2008.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, Arlington, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinópticos. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* v. 13 n. 1, p. 53-64. 2009.
- MOLIN, J. P. *Agricultura de Precisão. O gerenciamento da variabilidade*. Piracicaba, 2008. 83 p.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. *Geoestatística: conceitos e aplicações*. ed. Oficina de textos. São Paulo, 2013. 216 p.