

## INFLUÊNCIA DO ESQUEMA AMOSTRAL NA CAPTAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL

AGDA LOUREIRO GONÇALVES OLIVEIRA<sup>1</sup>, MAIARA PUSCH<sup>2</sup>, LUCAS RIOS DO AMARAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, (19) 983595554, agdaloureiro@gmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, (67) 999053490, maiarapuschh@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, (19) 3521-1067, lucas.amaral@feagri.unicamp.br

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** Um dos princípios da Agricultura de precisão é realizar de maneira mais eficiente e sustentável a aplicação de insumos. Para isso, é importante estudar a variabilidade das lavouras, muitas vezes a partir do processo de amostragem. Deste modo, nosso objetivo foi testar se a otimização dos locais de amostragem melhora a caracterização da variabilidade espacial do fator estudado. Para isso, geramos campos virtuais (simulação computacional) com características diferentes de acordo com a estacionaridade dos dados. Testamos duas configurações amostrais, grade regular e otimizada pelo contorno da área, e avaliamos quão capaz cada uma foi de reproduzir os campos virtuais originais, levando em conta as interpolações por Krigagem e pelo Inverso do Quadrado da Distância (IDW). Assim, observamos que a amostragem regular fornece resultado mais condizente com a realidade (campo virtual), quando a interpolação que incorpora a dependência espacial (krigagem) foi utilizada. Nesse contexto, a otimização prejudicou a qualidade dos mapas.

**PALAVRAS-CHAVE:** recozimento simulado espacial; interpolação; campo simulado; amostragem de solo.

## INFLUENCE OF SAMPLE DESIGN ON SPATIAL VARIABILITY DETERMINATION

**ABSTRACT:** One of Precision Agriculture principles is to apply fertilizers in a more efficient and sustainable way. In order to achieve this, is important to understand field variability through sampling process. Thus, we aim to test if optimize sampling points offer a better characterization of spatial variability of the factor studied. For this, Virtual Fields were generated (through computer simulation) with different characteristics regarding to data stationarity. It was tested two sample designs, regular grid and sampling optimized by boundary, both interpolated by Inverse Distance Weighted (IDW) and Kriging. Thus, we evaluated the accuracy of estimations compared to the original virtual fields. Our results showed that regular grid was more efficient to represent reality (virtual field), when using method that accounts for spatial dependency (kriging). In this context, optimizing sampling design did not bring gain on maps accuracy.

**KEYWORDS:** spatial simulation annealing; interpolation; simulated field; soil sampling.

**INTRODUÇÃO:** Agricultura de Precisão busca tratar a variabilidade presente na lavoura. Para quantificar tal variabilidade, é frequente o uso de amostragens, a qual visa, por meio de pequenas porções amostradas, representar a área como um todo (MOLIN et al., 2015). Esse processo é custoso e, por isso, a alocação dos pontos de amostragem deve ser previamente planejada, de modo que a variabilidade espacial presente na área consiga ser representada. Dentre as diversas maneiras de investigação, a amostragem em grade regular é a mais utilizada (BISWAS & ZHANG, 2018). Esse tipo de configuração amostral tem como principal vantagem investigar de forma mais uniforme uma área desconhecida. Porém, existem diversas informações que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade do planejamento amostral. Uma das formas é otimizar o posicionamento dos pontos amostrais a partir do contorno da área (MIRZAEI et al., 2016), buscando reduzir a distância média entre as amostras. Com os resultados das amostragens em mãos, procede-se a interpolação espacial para obtenção de superfície contínua de valores para direcionar a aplicação de insumos em taxa variada. Nesse contexto, objetivamos, com esse trabalho, testar se a otimização dos locais de amostragem melhora a caracterização da variabilidade espacial do fator estudado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram gerados dois campos virtuais (CV) para testar a eficiência das configurações amostrais. Os CVs foram gerados pelo processo de Simulação Incondicional Gaussiana, com contorno irregular em área de 100 ha e resolução de 10 m<sup>2</sup>. Para isso, foi utilizado o pacote *gstat* (PEBESMA, 2004) no software *RStudio* (R Core Team, 2018). Um dos CVs foi modelado a partir de um processo não estacionário, por polinômio de primeira ordem (CV com tendência), o qual apresenta variação em função das coordenadas da área (incluir fonte que explica o que é tendência). Já, o outro CV foi simulado com comportamento estacionário (CV sem tendência). Esses dois comportamentos foram testados para esclarecer se variáveis com variabilidade mais contínua (com tendência) é mais simples de obter bons resultados com amostragem e interpolação. Foram testadas duas configurações amostrais (Figura 1), uma otimizada pelo contorno e a outra a partir de grade regular, ambas com densidade de 1 amostra/ha. O arranjo amostral otimizado foi gerado por meio da função *MSSD* do pacote *SPSANN* (SAMUEL-ROSA, 2017), implementado no *RStudio*.

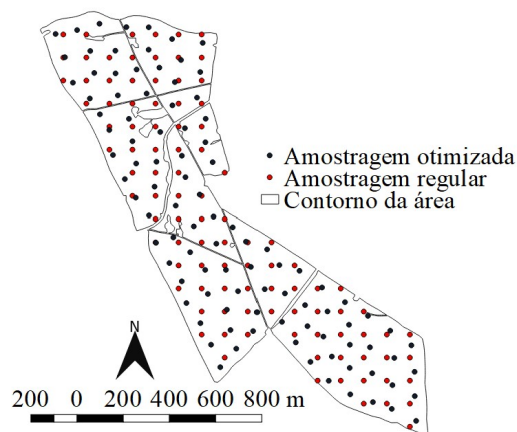


Figura 1 - Amostragens realizadas na área

A partir dos pontos amostrados nos dois CVs foram realizadas interpolações por krigagem e Inverso do Quadrado da Distância (IDW – escolhido por ter fácil implementação e amplo uso), gerando mapas contínuos. Comparamos qual combinação de amostragem com interpolador foi mais fiel na representação dos CVs, utilizando o índice de Willmott (concordância entre mapas), AVE (variância média explicada pelo modelo testado) e  $R^2$  (índice de determinação).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ao avaliarmos o resultado da amostragem regular, independente da estacionaridade do CV, verificamos que a krigagem estima valores mais próximos do real (i.e., CVs simulados - Figura 1). Acreditamos que a otimização amostral, embora tenha potencial para melhorar as estimativas, não trouxe ganhos em comparação ao esquema em grade regular devido à alta densidade de amostras coletadas ( $1 \text{ am ha}^{-1}$ ), a qual foi suficiente para captar a variabilidade do atributo estudado. Além disso, a pequena extensão da área e alto número de amostras não permitiram grandes diferenças na distância média entre os pontos. ou seja, os pontos de amostragem regular e otimizada foram muito próximos (Figura 1).

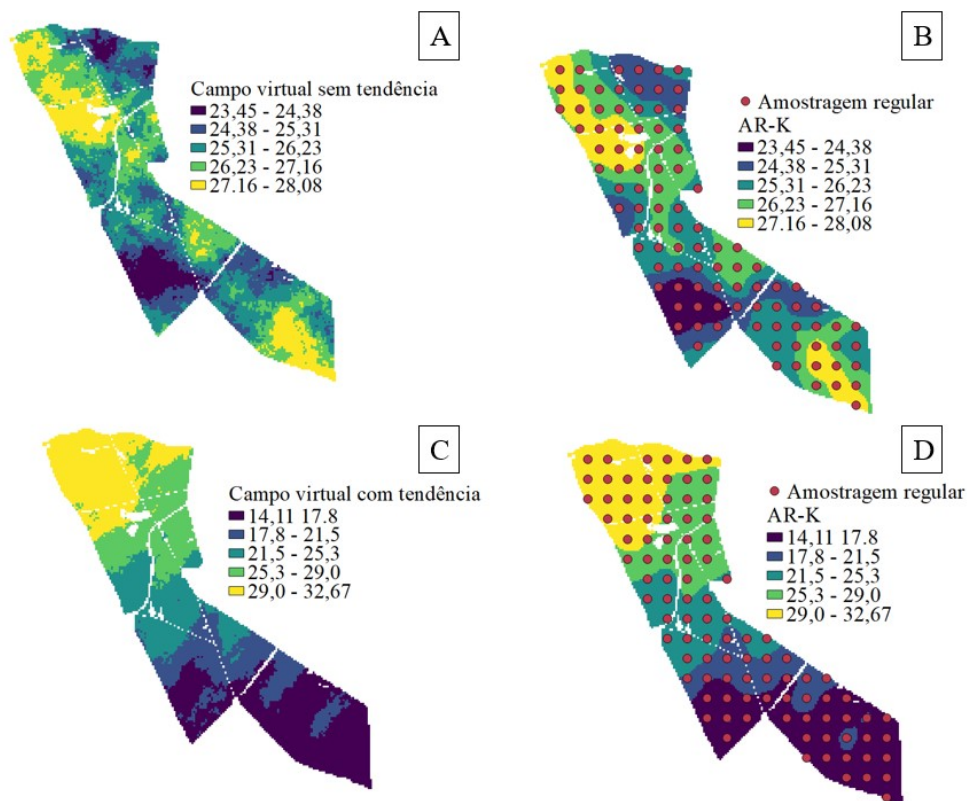


Figura 2 - Campo virtuais estudados e interpolações realizadas; sendo A: Campo virtual (CV) sem tendência; B: Interpolação por krigagem do CV sem tendência, a partir de amostragem regular; C: Campo virtual (CV) com tendência; D: Interpolação por krigagem do CV com tendência, a partir de amostragem regular.

A interpolação por krigagem apresentou bom desempenho. Atribuímos tal resultado ao fato desse interpolador realizar as estimativas com base na dependência espacial entre as amostras, de forma que a distância entre os pontos da amostragem regular foi suficiente para a correta determinação de tal variabilidade. Por outro lado, a otimização amostral pelo contorno da área fez com que a distância entre amostras fosse variável, o que ocasionou uma redução discreta na qualidade dos mapas. Como esperado, o interpolador determinístico (IDW) apresentou os piores resultados (Tabela 1). Porém, no caso do CV com tendência, por conta das grandes regiões formadas que permitem melhor captação da variabilidade existente, a influência do interpolador foi praticamente desprezível.

TABELA 1. Relação entre os valores dos pixels dos campos virtuais, com e sem tendência, e os campos interpolados produzidos pelas diferentes amostragens e interpoladores.

	AVE	WILLMOTT	R <sup>2</sup>
<b>Campo com Tendência</b>			
AR-K	0,99	0,96	0,99
AO-K	0,99	0,95	0,99
AR-IDW	0,98	0,93	0,98
AO-IDW	0,98	0,93	0,98
<b>Campo sem Tendência</b>			
AR-K	0,86	0,80	0,86
AO-K	0,84	0,78	0,85
AR-IDW	0,79	0,69	0,81
AO-IDW	0,76	0,65	0,82

AR: amostragem em grade regular; AO: amostragem otimizada; K: krigagem; IDW: inverso da distância ao quadrado; AVE: variância média explicada; Willmott: índice de concordância de mapas; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

**CONCLUSÕES:** Apesar da otimização da posição de coleta das amostras com base no contorno diminuir a distância média entre elas e ter potencial de, assim, melhorar o resultado das interpolações, não observamos tal efeito. A amostragem em grade regular apresenta superioridade por ter as amostras mais uniformemente distribuídas ao longo da área de estudo. O teste dos interpoladores se comportou como esperado, comprovando a superioridade da krigagem em relação ao IDW quando a amostragem permite a captação da dependência espacial.

#### **AGRADECIMENTOS:**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/25473-2, pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, a partir de concessão de bolsa de doutorado à segunda autora.

#### **REFERÊNCIAS:**

BISWAS, A.; ZHANG, Y. Sampling Designs for Validating Digital Soil Maps: A Review. *Pedosphere*, v.28(1), p.1–15, 2018.

MIRZAEI, S. et al. Spatial variability of soil organic matter using remote sensing data. *Catena*, v. 145, p. 118–127, 2016.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. *Agricultura de Precisão*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PEBESMA, E. J. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & Geosciences*, v.30, p. 683-691, 2004.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SAMUEL-ROSA, A. (2017). *spsann: Optimization of Sample Configurations using Spatial Simulated Annealing*. R package version 2.1-0. URL <https://CRAN.R-project.org/package=spsann/>.