

## **OTIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ATRIBUTOS QUÍMICOS DE MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO**

**KÁTIA ARAÚJO DA SILVA<sup>1\*</sup>; MARCOS SALES RODRIGUES<sup>2</sup>; AÍRIS LAYANNE FERREIRA LIRA<sup>3</sup>; CLERISON GUSTAVO PEREIRA SOUZA<sup>4</sup>; FILIPE BERNARD RAMOS MOREIRA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia, UNIVASF, Petrolina-PE, katia\_a.s@outlook.com;

<sup>2</sup>Dr. em Agronomia, Prof. Adj., UNIVASF, Petrolina-PE, marcos.rodrigues@univasf.edu.br;

<sup>3</sup>Graduanda do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, layannevina@hotmail.com;

<sup>4</sup>Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, c.guga2014@gmail.com;

<sup>5</sup>Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina-PE, fe\_brnd@hotmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho objetiva otimizar o número de amostras de solo para determinar o valor médio de atributos químicos em área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco por meio da geoestatística. O experimento foi realizado na fazenda Barreiro de Santa Fé, onde foram coletadas 56 amostras deformadas nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m para determinação de pH, CE, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, P e H+Al e cálculo da SB, V%, m% e PST. Foram utilizadas a estatística clássica e a geoestatística para determinar o número ideal de amostras de solo para atributos químicos. A recomendação tradicional de 20 subamostras para obtenção de uma amostra composta se mostrou ineficiente na representatividade dos atributos químicos. Devido a ausência de dependência espacial de algumas variáveis, a geoestatística também não se mostrou eficiente. Utilizando a estatística clássica, determinou-se o número ideal de 6,7 subamostras por ha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, fruticultura, *Mangifera indica* L., semivariograma.

### **OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF SOIL SAMPLES FOR CHEMICAL ATTRIBUTES OF AN IRRIGATED MANGO FIELD IN SEMIARID REGION**

**ABSTRACT:** This work aims to optimize the number of soil samples to determine the mean value of chemical attributes in the irrigated mango area in the Submédio São Francisco region through geostatistics. The experiment was carried out at the Barreiro de Santa Fé farm, where 56 deformed samples were collected at depths of 0.0-0.2 m and 0.2-0.4 m for determination of pH, CE, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, P e H+Al and calculation of SB, V%, m% and PST. Classical statistic and geostatistics were used to determine the ideal number of soil samples for chemical attributes. The traditional recommendation of 20 subsamples to obtain a composite sample proved to be inefficient in the representativeness of the chemical attributes. Due to the absence of spatial dependence of some variables, geostatistics was also not efficient. Using the classical statistic, the ideal number of 6.7 subsamples per ha was determined.

**KEYWORDS:** Precision agriculture, fruticulture, *Mangifera indica* L., semivariogram.

### **INTRODUÇÃO**

Os polos de irrigação na região do Submédio São Francisco têm se destacado como o mais importante centro frutífero do Brasil (Carvalho et al., 2017). A região é considerada a maior produtora de manga, com produção de 84% do total das mangas exportadas (Treichel et al., 2016). Diante do exposto, faz-se necessária a utilização de técnicas que visem melhoria e expansão da produção, as quais possibilitem redução do uso de adubos e fertilizantes, visto que estes são responsáveis por, aproximadamente, 30% do custo total do cultivo da mangueira irrigada (Almeida & Gomes, 2016).

Para a definição das quantidades e tipos de fertilizantes, corretivos e manejo geral que devem ser aplicados ao solo visando a manutenção ou a recuperação de sua produtividade é necessária a

avaliação dos atributos químicos do solo (Ronquin, 2010). Esse manejo nutricional pode ser comprometido se o plano amostral não representar rigorosamente a área de estudo. Por tanto, torna-se indispensável uma amostragem de solo criteriosa e representativa da área (Oliveira et al., 2007).

As amostragens de solo são realizadas, atualmente, baseando-se no clássico estudo de Catani et al. (1954), o qual recomenda a coleta de 20 amostras simples para obtenção de uma amostra composta em áreas agrícolas brasileiras. Essa recomendação é fundamentada na estatística clássica, a qual tem como premissas que as amostras sejam espacialmente independentes e apresentem distribuição normal (Wang et al., 2008). No entanto, tem sido frequentemente verificado que variáveis agrícolas, como os atributos do solo, apresentam dependência espacial (Rodrigues et al., 2013; Rodrigues et al., 2014; Lemos-Filho et al., 2017), tornando-se necessário o uso da geoestatística (Rodrigues et al., 2013).

A eficiência do uso da geoestatística para determinação do número ideal de amostras de solo em relação ao uso da estatística clássica tem sido apresentada em alguns trabalhos (Souza et al., 2006; Lima et al., 2010; Oliveira et al., 2015). No entanto, são desconhecidos na literatura trabalhos que abordem o uso da geoestatística com essa finalidade em áreas de fruticultura. Desta forma, este trabalho objetiva otimizar o número de amostras de solo para determinar o valor médio de atributos químicos em área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco por meio da geoestatística.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na fazenda Barreiro de Santa Fé, em uma área comercial de 9 ha (797x114 m) de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins com espaçamento de 8x5 m, situada entre as coordenadas 9°23'37" S e 40°44'35" W, na região do Submédio São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BSh, semiárido, a precipitação é inferior a 500 mm concentrados apenas em três a quatro meses do ano, com médias anuais de temperaturas variando entre 18,7 e 33,6°C.

As amostras de solo foram coletadas na região da projeção da copa da mangueira seguindo uma grade amostral regular contendo 56 pontos georreferenciados espaçados de 56 m entre linhas e 30 m entre plantas. As amostras deformadas foram coletadas em cada ponto georreferenciado nas profundidades de 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m utilizando um trado tipo holandês.

Posteriormente, foram determinados o pH do solo em água (relação 1:2), a condutividade elétrica (CE), os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ , P e H+Al segundo Donagema et al. (2011) e calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (T), a porcentagem de saturação por bases (V%), a porcentagem de saturação por alumínio (m%) e a porcentagem de sódio trocável (PST).

Foram realizados a análise descritiva dos dados (média, valores máximos e mínimos, coeficiente de variação, coeficientes de assimetria e curtose) e o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados. A geoestatística foi utilizada para estimar a dependência espacial entre as amostras e identificar se as variações foram sistemáticas ou aleatórias, através de modelos de semivariogramas.

Após a confecção do semivariograma, foi realizado o ajuste dos modelos que representam o comportamento espacial da variável em estudo. Foram testados os três modelos mais comumente usados para cada semivariograma (Zúvala et al., 2016), os quais são: esférico, exponencial e gaussiano.

A validação cruzada foi utilizada para comparar os modelos e indicar àquele que apresenta os melhores resultados (Sun et al., 2009). Para verificar o grau de dependência espacial foi utilizado o índice de dependência espacial (IDE) proposto por Seidel & Oliveira (2016).

Para calcular o número ideal de subamostras de solo que sejam representativas da área para estimar o valor médio dos atributos químicos do solo foram utilizadas duas abordagens, uma baseada na estatística clássica, desconsiderando a dependência espacial das amostras e outra considerando a espacialidade das amostras, a qual se baseia na geoestatística.

Para o método clássico de definição do número de subamostras foi utilizado o método de Cline (1944). Para as variáveis que apresentaram dependência espacial foi utilizado o alcance obtido por meio do semivariograma (Oliveira et al., 2015). Para garantir a independência espacial entre as amostras, foi assumido que os pontos de amostragem devem ser coletados a uma distância equivalente ao dobro do alcance como sugerido por Carvalho et al. (2002).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A maioria das variáveis na camada superficial apresentaram dependência espacial (Tabela 1). Verificou-se que os modelos que mais se ajustaram aos dados foram o gaussiano e o esférico, nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m, respectivamente.

Os menores valores de alcance, observados nos atributos  $K^+$ ,  $Al^{3+}$ , P, T e m% na profundidade 0,0-0,2 m (Tabela 1), indicam maior variabilidade dos dados, ou seja, fornece informações a respeito da heterogeneidade da distribuição espacial da área (Oliveira et al., 2015). Segundo Souza et al. (1997),  $K^+$  e P são fortemente influenciados pelo manejo da área. Por isso, apresentam alta variabilidade, fazendo-se necessária uma maior quantidade de subamostras.

A análise do IDE, conforme proposto por Seidel & Oliveira (2016), classificou como fraca dependência espacial todos os atributos da profundidade 0,0-0,2 m e os atributos H+Al,  $Ca^{2+}$ , P e SB da profundidade 0,2-0,4 m e moderada dependência espacial o atributo T na profundidade 0,2-0,4 m (Tabela 1). Cambardella et al. (1994) afirmam que a dependência espacial moderada dos atributos seria, possivelmente, em razão da homogeneização do solo e a fraca pode ser atribuída a fatores extrínsecos, como adubação, calagem, preparo do solo e tráfego de máquinas agrícolas.

Tabela 1. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas dos atributos químicos do solo nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m em área de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins na região do Submédio São Francisco.

Atributo	Modelo	Efeito Pepita ( $C_0$ )	Patamar ( $C_0 + C_1$ )	Alcance (m)	R <sup>2</sup>	SQR	IDE
0,0-0,2 m							
CE (dS m <sup>-1</sup> )	EPP	0,00062	0,00062			1,72*10 <sup>-8</sup>	
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EPP	0,00565	0,00565			1,69*10 <sup>-5</sup>	
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	GAU	0,00172	0,00647	53	0,67	2,72*10 <sup>-6</sup>	F
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EXP	0,02087	0,04950	125	0,68	8,53*10 <sup>-5</sup>	F
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	GAU	0,00041	0,00266	56	0,79	4,37*10 <sup>-7</sup>	F
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	GAU	0,13440	0,50312	85	0,96	4,60*10 <sup>-3</sup>	F
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	GAU	0,00311	0,03531	76	0,98	1,58*10 <sup>-5</sup>	F
P (mg dm <sup>-3</sup> )	GAU	1055,661	4287,19	61	0,60	1488610	F
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ESF	0,22225	0,83468	79	0,82	0,0213	F
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	GAU	0,13458	1,07500	58	0,75	0,0965	F
V%	EPP	5,02068	5,02068			2,54	
m%	GAU	0,04706	0,54800	61	0,72	0,028	F
PST (%)	EPP	0,64672	0,64672			0,129	
0,2-0,4 m							
CE	EPP	0,0008	0,0008			1,04*10 <sup>-7</sup>	
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EPP	0,0016	0,0016			1,69*10 <sup>-7</sup>	
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EPP	0,0352	0,0352			3,48*10 <sup>-4</sup>	
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EXP	0,0084	0,0463	91	0,44	2,15*10 <sup>-4</sup>	F
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EPP	0,0004	0,0004			1,47*10 <sup>-8</sup>	
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ESF	0,1438	0,5763	137	0,86	0,0194	F
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	EPP	0,0322	0,0322			6,28*10 <sup>-5</sup>	
P (mg dm <sup>-3</sup> )	GAU	220,79	1141,98	80	0,37	387349	F
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ESF	0,3509	0,7893	146	0,64	0,0589	F
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ESF	0,4481	0,8369	149	0,67	0,0588	M
V%	EPP	11,3061	11,3061			21,9	
m%	EPP	0,1431	0,1431			1,82*10 <sup>-3</sup>	
PST (%)	EPP	0,3043	0,3043			0,0255	

CE = condutividade elétrica; SB = soma das bases; T = capacidade de troca de cátions; V% = saturação por bases; m% = saturação por alumínio; PST = Porcentagem de sódio trocável; EXP = Exponencial; GAU = Gaussiano; PEP = Efeito pepita puro; SQR = Soma de quadrados do resíduo; M = Moderada; F = Fraca.

Os atributos CE, Na, V% e PST na profundidade de 0,0-0,2 m e CE, NA, K, Al, V%, m% e t na profundidade de 0,2-0,4 m não apresentaram dependência espacial (Tabela 1). Isso deve ter ocorrido devido à alta variabilidade espacial dessas variáveis e a distância utilizada na malha amostral não ter sido suficiente para modelar a dependência espacial. Portanto, para esses atributos, o número ideal de amostras foi obtido apenas pela estatística clássica (Tabela 2).

Pode-se observar, na Tabela 2, que ao determinar o número de subamostras para estimar os atributos químicos do solo baseado no método de Cline (1944) com 25% de variação em torno da média, o atributo P nas duas profundidades apresentou um número maior de subamostras que a recomendada (20 subamostras para obtenção de uma amostra composta). Isso ocorreu devido a alta variabilidade do fósforo ocasionada pelo manejo da adubação e sua baixa mobilidade no solo (Souza et al., 1997).

Quanto aos atributos que apresentaram dependência espacial, ao utilizar o alcance para estimar o número de subamostras, verificou-se que os atributos H+Al na profundidade 0,0-0,2 m e os atributos Ca<sup>2+</sup>, H+Al, SB e T na profundidade 0,2-0,4 m necessitariam de um número de subamostras superior ao recomendado (Tabela 2).

Tabela 2. Número mínimo de subamostras para estimar os atributos químicos do solo nas profundidades 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m em área de mangueira irrigada cv. Tommy Atkins na região do Submédio São Francisco.

Número de subamostras	Atributos												
	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	T	V%	m%	PST
0,0-0,2 m													
Cline (25%)	3	2	1	7	4	37	8	1	2	1	1	7	3
Alcance	-	28	35	-	71	54	64	13	33	60	-	-	-
0,2-0,4 m													
Cline (25%)	10	2	2	1	6	60	4	2	2	1	1	6	4
Alcance	-	11	-	-	-	32	-	25	10	10	-	-	-

CE = condutividade elétrica; SB = soma das bases; T = capacidade de troca de cátions; V% = saturação por bases; m% = saturação por alumínio; PST = Porcentagem de sódio trocável.

A utilização do alcance do semivariograma em relação a estatística clássica aumentou o número de subamostras a serem coletadas para a maioria dos atributos químicos, com exceção do P na profundidade 0,2-0,4 m. Esse resultado é devido a fraca dependência espacial encontrada para os atributos avaliados na área estudada.

Os resultados deste trabalho confirmam a hipótese de que o número de 20 subamostras para compor uma amostra composta não pode ser empregado genericamente para as condições de agricultura irrigada da região semiárida. Pois, devido as condições edafoclimáticas da região e as técnicas de manejo adotadas, como irrigação e fertirrigação, a variabilidade é consideravelmente aumentada. Portanto, recomenda-se 60 subamostras em área de 9 ha ou 6,7 subamostras por ha utilizando a estatística clássica para que seja representativo de todos os atributos químicos avaliados.

## CONCLUSÃO

A recomendação tradicional de 20 subamostras para obtenção de uma amostra composta se mostrou ineficiente na representatividade dos atributos químicos em relação as duas abordagens avaliadas em uma área de mangueira irrigada na região do Submédio São Francisco.

A geoestatística não foi eficiente para a determinação do número de amostras de solo para atributos químicos devido à falta de dependência espacial de algumas variáveis, indicando que para o uso deste método uma malha amostral mais intensa seria necessária.

No presente estudo, recomenda-se 6,7 subamostras por ha utilizando a estatística clássica para que seja representativo de todos os atributos químicos avaliados.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica ao terceiro e quarto autor.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, R. D.; Gomes, O. G. P. Análise econômica e avaliação financeira da cultura da manga no condomínio rural Tasso Ribeiro Jereissati no município de Mauriti-CE. *Conexões Ciência e Tecnologia*, v.10, n.3, p.44-50, 2016.
- Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F.; Konopka, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- Carvalho, C.; Kist, B. B.; Santos, C. E.; Treichel, M.; Filter, C. F. *Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2017. 88p.
- Carvalho, J. R. P. D.; Silveira, P. M. D.; Vieira, S. R. Geostatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.8, p.1151-1159, 2002.
- Catani, R. A.; Gallo, J. R.; Gargantini, H.; Conagin, A. Amostragem de solo para estudos de fertilidade. *Bragantia*, v.14, p.19-26, 1954.
- Donagema, G. K.; Campos, D. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. M. *Manual de métodos de análise de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Lemos-Filho, L. C. A.; Ferreira, L. L. N.; Lyra, D. L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. *Revista Agroambiente*, v.11, n.1, p.11-20, 2017.
- Lima, J. S. D. S.; Souza, G. S. D.; Silva, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. *Revista Árvore*, v.34, p.127-136, 2010.
- Oliveira, F. H. T.; Arruda, J. A.; Silva, I. F.; Alves, J. C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.973-983, 2007.
- Oliveira, I. A. D.; Marques Júnior, J.; Campos, M. C. C.; Aquino, R. E. D.; Freitas, L. D.; Siqueira, D. S.; Cunha, J. M. D. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de argissolos da região de Manicoré, AM. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.668-681, 2015.
- Rodrigues, M. S.; Corá, J. E.; Castrignanò, A.; Mueller, T. G.; Rienzi, E. A Spatial and Temporal Prediction Model of Corn Grain Yield as a Function of Soil Attributes. *Agronomy Journal*, v.105, n.6, p.1878-1887, 2013.
- Rodrigues, M. S.; Ramos, R. R. D.; Azevedo, T. P.; Patrocínio Filho, A. P.; Oliveira, L. G. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em área de capineira irrigada no semiárido. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.10, n.1, p.161-166, 2014.
- Ronquin, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p.
- Seidel, E. J.; Oliveira, M. S. D. A classification for a geostatistical index of spatial dependence. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.40, p.1-10, 2016.
- Souza, L. S.; Cogo, N. P.; Vieira, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, n.3, p.367-372, 1997.
- Souza, Z. M. D.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T.; Montanari, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. *Ciência Rural*, v.36, p.829-836, 2006.
- Stolf, R.; Thurler, Á. D. M.; Bacchi, O. O. S.; Reichardt, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.447-459, 2011.
- Sun, Y.; Kang, S.; Li, F.; Zhang, L. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. *Environmental Modelling & Software*, v.24, n.10, p.1163-1170, 2009.
- Treichel, M.; Kist, B. B.; Santos, C. E.; Carvalho, C.; Filter, C. F. *Anuário Brasileiro da Fruticultura 2016*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 88p.
- Wang, C.; Zuo, Q.; Zhang, R. Estimating the necessary sampling size of surface soil moisture at different scales using a random combination method. *Journal of Hydrology*, v.352, n.3-4, p.309-321, 2008.
- Zůvala, R.; Fišerová, E.; Marek, L. Mathematical aspects of the kriging applied on landslide in Halenkovice (Czech Republic). *Open Geosciences*, v.8, n.1, p.275-288, 2016.