

DIMENSÃO DA MALHA AMOSTRAL PARA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO ÍNDICE DE CONE (IC)

**JUAN JOSE BONNIN¹, RUBEN FRANCO IBARS², PEDRO ANÍBAL VERA³,
SERGIO MANUEL CHAMORRO⁴, ANGELA MANCUELLO⁵, DERLIS ENCISO⁶**

¹ Doutor, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-985-229-061, jose.bonnin@hotmail.com

² Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-971-151-445, rubenf27@gmail.com

³ Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-992-686-193, pvera@agr.una.py

⁴ Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-971-725-298, sergio_chamorro35@hotmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-982-307-754, amancuello@gmail.com

⁶ Engenheira Agrônoma, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-986-615-550, d-erlisenciso@hotmail.com

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

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito das configurações da malha amostral associada a diferentes números de amostras simples na precisão da estimativa do índice de cone (IC) em uma área manejada sob sistema plantio direto, no intuito de verificar se a densidade amostral entre pontos interfere nas estimativas da resistência à penetração do solo. As malhas amostrais utilizadas para a identificação da variabilidade espacial do IC foram 44x44 m (0,20 ha); 58x58 m (0,33 ha); 80x80 m (0,64 ha) e 100x100 m (1 ha). Para a análise dos dados, realizou-se uma análise exploratória e posteriormente, uma análise geoestatística. A comparação dos mapas temáticos foi realizada através dos índices de Kappa (*K*). A diminuição da malha amostral interfere na qualidade dos mapas de IC gerados, onde, das dimensões de malhas amostrais estudadas, a mais recomendada para avaliação da IC do solo a campo foi a de 44x44 m (0,20 ha).

PALAVRAS-CHAVE: Compactação do solo, amostragem do solo, índice Kappa

SAMPLING GRID SIZE FOR CHARACTERIZATION OF THE SPATIAL VARIABILITY OF THE CONE INDEX (IC)

ABSTRACT: The objective of this work was to study the effect of sample mesh configurations associated to different numbers of simple samples on the precision of cone index (CI) estimation in an area managed under no - tillage system, in order to verify if the sample density between points interferes in the estimations of resistance to soil penetration. The sampling meshes used to identify the spatial variability of the CI were 44x44 m (0.20 ha); 58x58 m (0.33 ha); 80x80 m (0.64 ha) and 100x100 m (1 ha). For the analysis of the data, an exploratory analysis was carried out and a geostatistical analysis was carried out. The comparison of the thematic maps was performed using Kappa indexes (*K*). The reduction of the sample mesh interferes with the quality of the generated CI maps, where 44x44 m (0.20 ha) was the most recommended for the evaluation of CI in the field.

KEYWORDS: Compaction of the soil, soil sampling, kappa index

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão (AP) é uma proposta de gerenciamento diferenciado do sistema solo-planta, baseado na caracterização e na gestão da variabilidade

espacial dos fatores de produção, de forma a proporcionar um manejo adequado e sustentável. Aonde a amostragem georreferenciada de solo é realizada através de grades ou malhas de pontos para caracterizar a variabilidade dos atributos do solo e planta. Aliás, é preciso de definições metodológicas, com relação à densidade e dimensão da malha amostral ideal para a avaliação das características espaciais dos atributos de interesse. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das configurações da malha amostral associada a diferentes números de amostras simples na precisão da estimativa do índice de cone (IC) em uma área manejada sob sistema plantio direto (SPD), com a finalidade de verificar se a densidade amostral entre pontos interfere nas estimativas da resistência à penetração do solo.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em solo classificado como Luvissole, em uma superfície de 20 ha, manejado sob SPD a mais de 8 anos. A área está localizada no Distrito de Villeta, Departamento Central (Paraguai), situada entre as coordenadas geodésicas de 25°33'23" S, 57°26'51" W (WGS 84). Para a vetorização da área experimental, primeiramente foi realizada a demarcação do perímetro, por meio de um receptor GNSS, marca Trimble®. Posteriormente, foram geradas através do software Fram Works™ Mobile, as malhas amostrais utilizadas neste estudo para a identificação da variabilidade espacial da RP do solo, que foram 44x44 m (0,20 ha); 58x58 m (0,33 ha); 80x80 m (0,64 ha) e 100x100 m (1 ha), totalizando 102, 60, 31 e 20 pontos amostrais, respectivamente. A RP do solo foi determinada pelo IC, com auxílio de um penetrômetro eletrônico da marca Eijkelkamp, sob condições de solo friável, nas profundidades de 0-100, 100-200, 200-300 e 300-400 mm. Para a análise dos valores de RP do solo, inicialmente realizou-se um estudo exploratório (Estatística descritiva), calculando medidas de localização (Média, mínima e máxima), de tendência central (Assimetria e curtose) e de variabilidade (Coeficiente de variação), para verificar a normalidade dos dados. A análise espacial foi realizada sobre a óptica da geoestatística através do software CR-Campeiro 7, levando em consideração os vizinhos mais próximos, com a suas respectivas coordenadas geográficas de cada amostra coletada no campo para a construção dos semivariogramas e os modelos teóricos que melhor caracterizavam o fenômeno na área experimental, considerando cada uma das configurações amostrais em estudo. A avaliação da concordância entre mapas, foi realizada por meio da matriz de erro calculando pelo índice de Kappa (K).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise exploratória dos valores de IC do solo, como também os resultados do índice de K em função às malhas amostrais utilizadas. Verificou-se que todos os dados de RP apresentam uma distribuição normal de acordo ao Teste de Shapiro-Wilks ($p < 0,05$), independente da dimensão e profundidade da malha amostrais avaliadas. Os valores médios de IC apresentaram um aumento na RP do solo na medida que aumentava a profundidade das amostragens hasta os 100-200 mm, com exceção da amostragem de um ponto por hectare (malha 100x100 m), que apresentou seu maior RP na camada mais superficial. Posteriormente, os valores de IC foram diminuindo, embora sempre superaram os 2 MPa de resistência, que de acordo com Petean et al. (2010), valores de IC de entre 2 e 2,5 MPa têm sido indicados como os limites críticos de RP para o crescimento radicular das plantas e consequentemente, da parte aérea considerando a espécie vegetal e o teor de água do solo. Os coeficientes de variação (CV) obtidos nas grades amostrais estudadas, apresentaram uma variabilidade média ($12 < CV < 60\%$), conforme os limites propostos por Warrick e Nielsen (1980). O grau de dependência espacial foi avaliado por meio da porcentagem do efeito pepita no patamar e de acordo com o critério proposto por Cambardella et al. (1994), o grau de dependência foi moderada (25 a 75%) para todas as variáveis estudadas, exceto para a malha amostral de 100x100m (1 ha) que apresentou um efeito pepita puro em todos os casos.

TABELA 1. Estatística descritiva dos valores de índice de cone (IC), em quatro profundidades do solo, utilizando malhas amostrais de diferentes dimensões.

Malha Amostral	Dist. Normal	Média	Min.	Max.	D.S.	CV (%)	Assimetria	Curtose
IC (MPa) – Profundidade 0-100 mm								
44x44 m (0,20 ha)	Aceitada*	2,35	0,40	4,50	0,76	32,15	0,14	0,14
58x58 m (0,33 ha)	Aceitada	2,39	0,82	4,46	0,78	32,80	0,46	-0,05
80x80 m (0,64 ha)	Aceitada	2,40	0,82	4,46	0,94	39,03	0,62	-0,46
100x100 m (1 ha)	Aceitada	3,13	2,03	4,35	0,64	20,56	-0,25	-0,70
IC (MPa) – Profundidade 100-200 mm								
44x44 m (0,20 ha)	Aceitada*	2,97	0,99	5,04	0,71	23,84	0,66	0,94
58x58 m (0,33 ha)	Aceitada	3,02	1,88	5,04	0,65	21,45	1,04	1,16
80x80 m (0,64 ha)	Aceitada	2,92	1,88	4,58	0,54	18,48	0,76	1,39
100x100 m (1 ha)	Aceitada	2,67	1,77	3,66	0,45	16,89	0,07	-0,25
IC (MPa) – Profundidade 200-300 mm								
44x44 m (0,20 ha)	Aceitada*	2,54	1,53	4,26	0,55	21,76	0,83	0,47
58x58 m (0,33 ha)	Aceitada	2,55	1,53	4,26	0,54	21,05	0,89	1,20
80x80 m (0,64 ha)	Aceitada	2,48	1,66	3,58	0,47	18,95	0,39	-0,54
100x100 m (1 ha)	Aceitada	2,40	1,89	3,10	0,37	15,37	0,43	-1,05
IC (MPa) – Profundidade 300-400 mm								
44x44 m (0,20 ha)	Aceitada*	2,29	1,51	3,58	0,44	19,35	0,58	-0,16
58x58 m (0,33 ha)	Aceitada	2,29	1,52	3,42	0,42	18,34	0,52	-0,14
80x80 m (0,64 ha)	Aceitada	2,26	1,55	2,94	0,37	16,49	0,04	-0,74
100x100 m (1 ha)	Aceitada	2,23	1,56	3,15	0,40	18,04	0,49	-0,26

* Teste de Shapiro-Wilks ($p < 0,05$); CV: coeficiente de variação.

Na Tabela 2 pode-se observar os valores estimados do índice de concordância de Kappa (K), obtidos da matriz de erros para comparar os mapas temáticos de índice de cone (IC) registrado na malha amostral 44x44 m (0,20 ha) considerado como o mapa de referência e com as diferentes malhas amostrais em estudo. Conforme os índices K obtidos, revelou-se que os mapas gerados sobre a malha amostral de 58x58 m (0,33 ha); 80x80 m (0,64 ha) e 100x100 m (1 ha) têm índices ruim ($K \leq 20\%$) de exatidão quando comparados com o mapa de grade referência, de acordo com a classificação proposta por Landis e Coch (1977).

TABELA 2. Nível de exatidão de uma classificação, conforme o valor de Índice Kappa

Malha Amostral	Malha de referência 44x44 m (0,20 ha)			
	IC 0-100 mm	IC 100-200 mm	IC 200-300 mm	IC 300-400 mm
58x58 m (0,33 ha)	K : 0,17 (Ruim)*	K : 0,17 (Ruim)*	K : 0,17 (Ruim)*	K : 0,15 (Ruim)*
80x80 m (0,64 ha)	K : 0,15 (Ruim)	K : 0,14 (Ruim)	K : -0,06 (Ruim)	K : -0,04 (Ruim)
100x100 m (1 ha)	K : 0,04 (Ruim)	K : 0,03 (Ruim)	K : -0,01 (Ruim)	K : -0,01 (Ruim)

* Classificação proposta por Landis e Coch (1977); K - Índice de Kappa ($p < 0,05$)

Na Figura 1, verifica-se mudanças nos mapas temáticos dos valores de IC elaborados, considerando as diferentes malhas amostrais. Sendo assim, pode-se afirmar que, dependendo da malha amostral e do número de pontos amostrais, os mapas temáticos apresentam diferenças. Os valores médios de IC apresentaram um aumento na RP do solo na medida que aumentava a profundidade de amostragens hasta os 100-200 mm de forma geral.

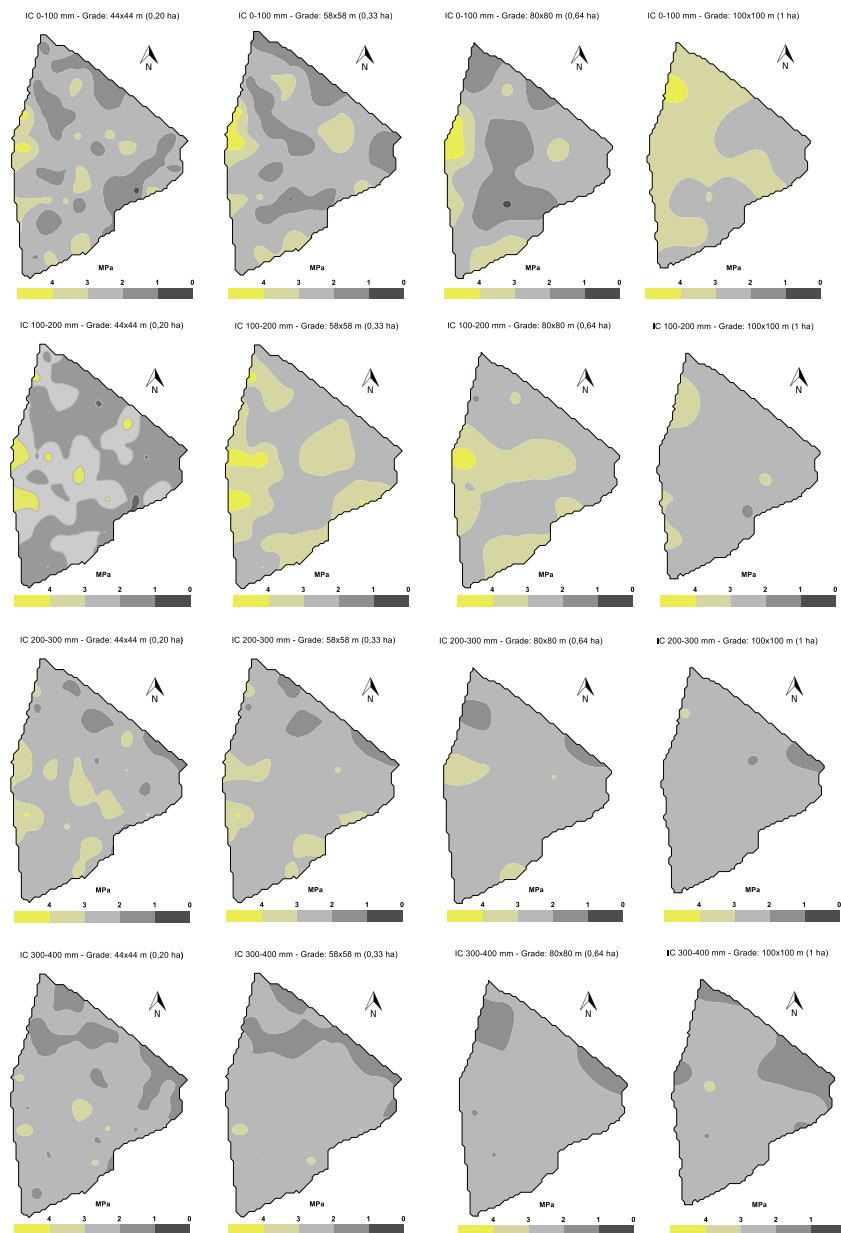


FIGURA 1. Mapas temáticos dos valores de índice de cone (IC), em quatro profundidades do solo, utilizando malhas amostrais de diferentes dimensões.

CONCLUSÕES: A diminuição da malha amostral interfere na qualidade dos mapas de IC gerados, onde, das dimensões de malhas amostrais estudadas, a mais recomendada para avaliação do IC do solo a campo foi a de 44x44 m (0,20 ha).

REFERÊNCIAS:

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, I.; 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**, Madison, v.58, n.2, p. 1501-1511, 1994.
- LANDIS, J.; KOCH, G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, vol.33, n.3, p.159-179, 1977.
- PETEAN, L.; TORMENA, C.; ALVES, S. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 34: 1.515-1.526, 2010.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, p. 319-344, 1980.