

PRODUTIVIDADE DO MILHO E RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

IGOR Q. M. VALENTE¹, ANAMARI V. DE ARAUJO MOTOMIYA², LUIZ F. SUDA³, VICTOR H. CAVASSINI⁴, JULIA T. LOPES⁵

¹ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFGD

² Eng. Agrônoma, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Fone (67) 3410-2389.

³ Estudante de Eng. Agrícola, FCA/UFGD.

⁴ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFGD.

⁵ Eng. Florestal, Mestranda em Eng. Agrícola FCA/UFGD.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O trabalho teve como objetivo o mapeamento da produtividade da cultura do milho e resistência à penetração. Foram realizadas amostragens com um penetrômetro em 100 pontos em uma área de 4 ha, para a avaliação da resistência do solo à penetração e coletadas 9 plantas que circundam cada um desses pontos amostrais para analisar componentes de produtividade. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, para determinação das medidas estatísticas média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequência dos dados. A análise geoestatística foi realizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial dos atributos estudados, ajustando-se um modelo de semivariograma para os atributos resistência a penetração e produtividade. Para estimar o valor das variáveis em locais não amostrados e confeccionar os mapas temáticos, foi utilizado o estimador por krigagem. Os dados de produtividade e resistência à penetração do solo apresentaram variabilidade espacial, o que sugere que um manejo diferenciado na área pode melhorar as condições físicas do solo, com benefícios à produtividade das culturas.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, krigagem, mapeamento

CORN YIELD AND MECHANICAL SOIL RESISTANCE TO PENETRATION UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: This paper had the objective the mapping of corn yield and the resistance of soil to penetration. Samples were taken with a penetrometer from 100 different points in an area of 4 ha, to soil resistance to penetration valuations and 9 different plants in the surrounding areas were taken to analyze productivity compounds. The data were submitted to descriptive statistical analysis, for the determination of the measures average statistics, the maximum and minimum measurements, the skewness and kurtosis coefficients, the variation coefficient and data distribution frequency. The geostatistic analysis was made in order to verify the existence and quantify the grade of spatial dependence evaluated, adjusting a semivariogram model to resistance to penetration and yields values. To estimate the variables in non-sampled places and make the thematic maps, the kriging estimator was used. The soil resistance to penetration and productivity data presented spatial variability. That means that handling an area differently can improve the soil conditions, with benefits to the yields.

KEY-WORDS: geostatistics, kriging, mapping

INTRODUÇÃO: A utilização intensiva do solo, nos atuais sistemas de produção agrícola, tem resultado em compactação, com efeitos deletérios sobre a qualidade física do solo e sobre a produtividade das culturas (HAMZA & ANDERSON, 2005; COLLARES ET AL., 2006, 2008; BEUTLER ET AL., 2008). Isso vem sendo causado devido ao uso intensificado de máquinas agrícolas, o qual ocasiona compactação do solo e, segundo Streck *et al.* (2004) eleva os valores de

densidade (Ds) e resistência à penetração do solo (RP), e reduz a sua porosidade total, com efeito mais acentuado sobre a macroporosidade.

Entre os atributos físicos do solo, a RP tem sido bastante utilizada como indicativo da compactação por apresentar relações diretas com o crescimento das raízes e com o tráfego de máquinas (CARDOSO ET AL., 2006; FREDDI ET AL., 2007; COLLARES ET AL., 2008). A análise da variabilidade do solo, por meio da geoestatística, pode indicar alternativas de manejo, não só para reduzir os efeitos da variabilidade do solo sobre a produção das culturas (TRANGMAR et al., 1985), mas também para aumentar a possibilidade de estimar respostas das culturas sob determinadas práticas de manejo (OVALLES & REY, 1994). A krigagem é uma técnica usada na geoestatística para estimar valores para locais não amostrados que resulta em valores sem tendência e com variância mínima.

Este trabalho teve por objetivo o mapeamento da produtividade da cultura do milho relacionado com a resistência do solo à penetração, segundo a técnica de krigagem.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma lavoura comercial no município de Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul em um Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006). Foram realizadas amostragem em grade regular de 100 pontos em uma área de aproximadamente 4 ha, para a avaliação da resistência à penetração (RP). Para analisar a RP, foram realizadas três leituras aleatórias em um raio de 5 m do ponto do ponto central para compor uma média de cada ponto amostral com um penetrômetro eletrônico de compactação do solo (penetroLOG PLG1020 Falker). Foram extraídos os valores da RP nas camadas de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,60 m.

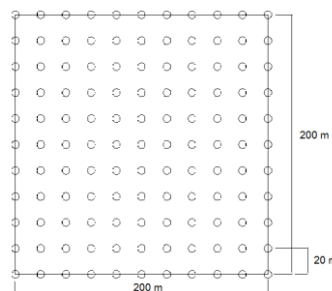


Figura 1. Grade Amostral

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, para determinação das medidas estatísticas média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequência dos dados. A análise geoestatística foi realizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial dos atributos estudados, utilizando-se o programa GS+, ajustando-se um modelo de semivariograma. Os mapas de distribuição espacial da produtividade serão elaborados conforme o semivariograma adotados, empregando-se o programa ArcGis 10 Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise estatística descritiva referente aos dados de RP do solo estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que a média da produtividade do milho foi relativamente alta, 4411,8 kg ha⁻¹. Entretanto, houve grande amplitude entre valores máximos e mínimos, indicativo de que há pontos críticos na área, os quais devem receber manejo diferenciado. Apesar desta grande amplitude, o coeficiente de variação foi baixo, com os dados seguindo uma distribuição normal.

Tomando como base a tabela da Falker, para interpretação da RP (kPa) medida pelo penetrológ, PLG 1020, em solos pesados, foi possível observar valores com nível crítico à produção. São valores maiores que 4000 KPa em alguns pontos, indicando que ocorrerão perdas de produtividade por compactação nestes locais, pois são restritivos ao crescimento radicular. Segundo a classificação adotada, a faixa tolerável ao desenvolvimento normal seria até 2500 KPa, onde não existe perda de produtividade por este fator. Já no nível intermediário, existe potencial para perdas de produtividade, mas esta dependerá da associação com outros fatores. Atuante como lubrificante, o conteúdo de água no solo é o principal amenizador da resistência mecânica do solo ao desenvolvimento radicular em profundidade.

Tabela 1. Resultados da análise estatística descritiva para a produtividade do milho (kg ha^{-1}) e resistência à penetração RP (kPa), nas profundidades de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,60.

Profundidade	X	CV(%)	Máx	Mín	Ass	Cur	P < W	N
Produtividade	2442	0,24	1474,2	4411,8	-0,17	-0,75	>0,01	98
0,0-0,10	446	34,53	809,3	113,2	0,17	-0,48	>0,1	100
0,10-0,20	2462,8	16,89	3617,7	1458,5	0,25	-0,45	>0,1	100
0,20-0,30	2684,9	15,13	3745,7	880,5	-0,44	3,46	<0,01	100
0,30-0,40	2511,1	18,12	4725,3	1776	1,41	5,01	<0,01	100

N= número de observações; CV= coeficiente de variação; X = média dos dados, S= Desvio Padrão, Min = valores Mínimos, Max = Valores Máximos, Ass = coeficiente de assimetria, Curt = coeficiente de Curtose.

A análise geoestatística revelou que os atributos estudados apresentaram ajuste a um modelo matemático teórico dentro da grade amostral adotada (Tabela 2). Os semivariogramas experimentais foram ajustados aos modelos teóricos esféricos, linear e exponencial conforme a menor raiz quadrada do erro médio (Figura 3). Os dados de produtividade apresentaram forte grau de dependência espacial, com alcance de 43, 20 m.

Tabela 2. Análise geoestatística da produtividade do milho e da resistência à penetração (RP) em diferentes profundidades do solo.

Atributo	Prof. (m)	Modelo	C ₀	C ₀ +C	A	r ²	GDE (%)
Produtividade	-	Esf.	29,0	143,3	43,20	0,79	20,27
RP	0,0-0,10	Lin.	20519,2	27600,3	105,9	0,94	74
	0,10-0,20	Exp.	54500,0	188800,0	15,2	0,99	28,8
	0,20-0,30	Epp.	-	-	-	-	-
	0,30-0,40	Lin.	129041,42	160666,9	126,2	0,72	80,3

EPP= efeito pepita puro; R²= coeficiente de determinação; GDE= Grau de dependência espacial.

O alcance de dependência espacial é um parâmetro muito importante e indica a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente. O alcance é uma medida importante para planejamento e avaliação experimental, podendo auxiliar na definição de procedimentos amostrais (WEBSTER, 1985). Observou-se que o maior valor de alcance para a RP foi apresentado na profundidade de 0-10-0,20 m, indicando maior continuidade espacial desta variável (Tabela 2). O efeito pepita (C₀) é um parâmetro importante na análise geoestatística e representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros de medições ou variações dos atributos que não podem ser detectadas na escala de amostragem (TRANGMAR et al., 1985; VIEIRA, 2000).

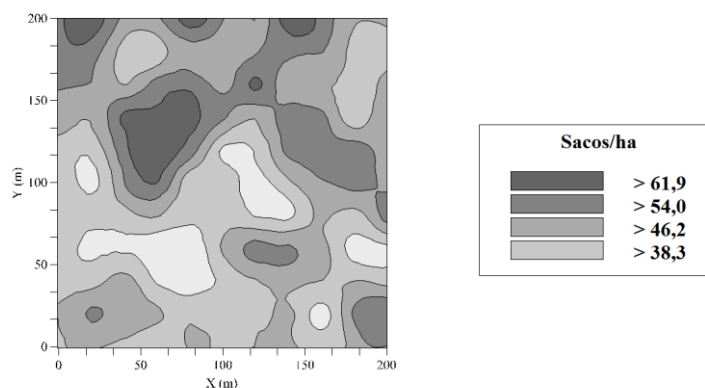


Figura 2. Mapeamento da variabilidade da cultura do milho.

CONCLUSÕES: Os dados de produtividade e resistência à penetração do solo apresentaram variabilidade espacial, o que sugere que um manejo diferenciado na área pode melhorar as condições físicas do solo, com benefícios à produtividade das culturas. Através dos dados de RP, podemos estimar níveis de compactação dentro da área de estudo, sendo assim, tomando providências de manejos adequados para que não ocorram problemas futuros em relação à compactação do solo.

REFERÊNCIAS

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. da; CENTURION, M.A.P.C. Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1591-1600, 2008.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L.; TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GUIMARÃES, M. de F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.493-501, 2006.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1663-1674, 2006.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.933-942, 2008.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, v.82, p.121-145, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412 p.

ESRI. ArcGIS Desktop Help.Redlands: ESRI, 2010

FREDDI, O. da S.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; ARATANI, R.G.; LEONEL, C.L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.627-636, 2007.

OVALLES, F.; REY, J. Variabilidad interna de unidades de fertilidad en suelos de la depresión Del Lago de Valencia. *Agronomia Tropical*, Maracay, v.44, n.1, p.41-65, 1994.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.38, n.1 p.45-94, 1985.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, p.755-760, 2004.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in field. In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advance in soil science**. New York, v. 3, p. 1-70, 1985.