

ANÁLISE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLO DO CERRADO E PRODUTIVIDADE DO TOMATE INDUSTRIAL

GABRIEL OLIVEIRA SALVIANO¹, MARCOS PAULO OLIVEIRA MARTINS², ANDERSON
UMBELINO DA SILVA³, EDMILSON FERREIRA BORGES⁴, ELTON FIALHO DOS REIS⁵

¹ Graduando em Engenharia agrícola, Universidade Estadual de Goiás, (62) 998370830, gbrls7861@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, marcospmartins.92@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, anderson-umbelino@hotmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, edmilsonborges@hotmail.com

⁵ Engenheiro agrícola, Prof. Doutor, Universidade Estadual de Goiás, fialhoreis@ueg.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: O estudo da variabilidade espacial em sistema de cultivo é importante para aprimorar as opções de manejo do solo ao longo dos anos. Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos e a produtividade do tomate industrial em solo do cerrado. Para isso foram coletados na camada de 0,00 a 0,20 m os atributos físicos do solo: Resistência do solo à penetração (RP), densidade do solo (DS) e granulometria, com subsídio de uma malha amostral formada por 61 pontos espaçados por 90mX90m. A produtividade foi determinada demarcando-se uma área de 1m² em cada ponto georreferenciado. Os dados foram analisados pela estatística descritiva e geoestatística. Os semivariogramas foram elaborados pelo software GS+, versão 7.0 e os mapas confeccionados por meio da krigagem. As regiões com maiores percentuais de argila apresentaram resistência à penetração do solo mais elevada. A produtividade apresentou dependência espacial muito alta e a sua distribuição proporcionou baixa correlação espacial com as características físicas do solo. A escala amostral utilizada na malha apresentou dependência espacial alta para matéria orgânica e a argila, muito alta para outros atributos e não detectou dependência para a densidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Dependência espacial, krigagem, *solanum lycopersicum L.*

SPACE ANALYSIS OF CERRADO SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES AND INDUSTRIAL TOMATO PRODUCTIVITY

ABSTRACT: The study of spatial variability in cropping systems is important to improve soil management options over the years. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of physical attributes and the productivity of the industrial tomato in cerrado soil. For this, the physical attributes of the soil were collected in the layer of 0.00 to 0.20 m: Soil resistance to penetration (RP), soil density (DS) and granulometry, with subsidy of a sample mesh formed by 61 spaced points by 90mX90m. Productivity was determined by demarcating an area of 1m² at each georeferenced point. Data were analyzed by descriptive and geostatistical statistics. The semivariograms were elaborated by software GS +, version 7.0 and maps made by means of kriging. The regions with the highest percentages of clay presented resistance to the highest soil penetration. The productivity showed very high spatial dependence and its distribution provided a low spatial correlation with the physical characteristics of the soil. The sampling scale used in the mesh showed high spatial dependence for organic matter and clay, very high for other attributes and did not detect dependence on soil density.

KEYWORDS: Space dependence, kriging, *solanum lycopersicum L.*

INTRODUÇÃO: O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é uma das hortaliças mais importantes do mundo originária da América do Sul, especificamente na região andina, e posteriormente difundida em outros continentes (SANTOS, 2009). A maior parte do tomate é produzida nos estados de Goiás, São Paulo, Pernambuco e Bahia proporcional a 77% do rendimento nacional (REIS et al., 2015). Com tal característica para o processamento de tomate industrial a produção média no Brasil é de 1,8 milhões de toneladas, concentrado no estado de Goiás 86% da produção nacional (ASSUNÇÃO et al., 2013).

A proposta da agricultura de precisão consiste em manejar o campo atendendo a variabilidade espacial da produção, analisando assim sua lavoura com mais propriedade e exatidão (BAZZI et al., 2013). Para uma exploração agrícola sustentável é fundamental o conhecimento dos solos, pois, desta forma, poderão ser adotados manejos adequados que proporcionem produtividades continuamente satisfatórias e evitem a degradação dos solos (BIRO et al., 2013). O emprego da geoestatística no campo é um diferencial para ter informações sobre o solo oferecendo suportes a agricultura modelando os dados obtidos para uma análise mais específica de uma determinada área a partir de variáveis que influenciam a sua produção agrícola. Este trabalho tem como o objetivo analisar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e a produtividade do tomate industrial em solo do cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Barcelos, nas coordenadas 16°26'18.00"S e 48°50'17.71"W localizada próximo ao município de Anápolis - GO. A região é caracterizada por uma altitude média de 988,90m e segundo Köppen-Geiger apresenta clima tropical com estação seca que concentra uma pluviosidade média anual de 1441 mm. A cultura de tomate industrial foi transplantada em linhas simples de plantio e espaçamento de 1,2 m entre linhas com densidade populacional de 36000 plantas por ha⁻¹, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro com textura argilosa. Utilizando um receptor *global positioning system* (GPS) com sistema de correção diferencial em tempo real (WGS 84) construiu-se uma malha amostral em área de 55 ha de um pivô central, dividida em 61 pares de pontos espaçados 90x90m onde foram coletadas amostras de solo para a determinação dos atributos físicos do solo, como: Umidade do solo (%), densidade do solo (g cm³), resistência à penetração (kPa), granulometria do solo (%), matéria orgânica (%). As características dos atributos físicos do solo determinado para a densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas de solo, na camada 0 a 0,20 m, em cada um dos pontos amostrais. A resistência do solo à penetração foi determinada empregando-se um penetrógrafo eletrônico Falker PLG 1020, seguindo-se as normas da ASAE S 313 (ASABE, 2006). Para quantificação da composição granulométrica do solo (areia, silte e argila), foram utilizadas amostras deformadas de solos coletadas em camadas de 0 a 0,2 m de profundidade. Cada amostra será composta por cinco subamostras simples, coletadas em um raio de um metro, em torno de cada ponto da malha amostral. As amostras serão levadas a um laboratório e obtidas à porcentagem de composição pelo método da dispersão total (EMBRAPA, 1997). O procedimento para a determinação das características físicas dos solos foi conduzida no Laboratório de Mecânica dos Solos da Engenharia Agrícola do campus Anápolis Henrique Santillo. A avaliação de produtividade realizada no período da colheita foi demarcada uma área de 1m² coletando-se os frutos, e a partir de uma balança de precisão e estimado a média da produção para Mg.ha⁻¹. Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva, tomando por base as seguintes medidas: média, mediana, mínimo, máximo, desvio padrão, coeficiente assimetria e curtose e o coeficiente de variação, utilizando o software GS+ 7.0 (Gamma Design Software®) e análises de correlação de Pearson entre os atributos físicos do solo e a produtividade a partir do auxílio do programa Microsoft Excel, versão 2010 e interpretadas conforme, Figueiredo Filho e Silva Junior (2009). Para o cálculo dos semivariogramas e seus respectivos ajustes utilizou o software geoestatístico GS+. Os modelos escolhidos tendo como base de escolha o maior valor de R² e na menor soma de Quadrados dos Resíduos (RSS), gerados em cada modelo (DALCHIAVON et al., 2011). Após a escolha do melhor modelo que se ajuste os dados coletados foi possível ter a construção dos mapas de isolinhas pelo software GS +, que realizou as interpolações utilizando-se o método da krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A tabela 01 é representada os valores descritivos dos atributos físicos do solo. Percebe-se que esses atributos apresentam baixam correlação com a produtividade classificados como correlação fraca. A granulometria Silte obteve um dos maiores coeficientes de variação seguido da Areia e Matéria Orgânica com respectivamente 33,08%, 23,82% e 23,82%. A umidade do solo encontrava-se em 20,43±2,634% para o cálculo da resistência a penetração que variou entre 515,2kPa a 2255,0kPa, e não pode-se afirmar que há impedimento radicular, já que não há consenso entre pesquisadores. A produtividade total média se manteve em torno de 79,84 Mg.ha⁻¹ o que ocorre na média brasileira que chega a 80 Mg.ha⁻¹, contudo houve variações de 61,00 a 108,8 Mg.ha⁻¹ e seu coeficiente de variação foi de 14,89% considerado médio e desta parte tomates maduros e de vez são selecionados para as industriais de processamento. Para os atributos areia e densidade do

solo foram os únicos a apresentarem correlação de Pearson negativa de 0,15 e 0,13 respectivamente, ou seja, caso houvesse um aumento da concentração há uma menor produtividade, enquanto que outros atributos há correlações positivas mas ambos são considerados fracos segundo Figueiredo Filho e Silva Junior (2009).

Tabela 01. Análise descritiva de atributos físicos do solo e a produtividade de tomate industrial

Parâmetro Estatístico	PR (Mg.ha ⁻¹)				RP (kPa)	MO (%)	DS (g.cm ³)	AG (%)	SL (%)	AR (%)
	PRT	PV	PD	PM						
Nº de amostras	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Média	79,84	3,95	9,27	66,61	1704,62	1,43	0,92	35,67	18,54	45,78
Mediana	78,00	2,40	8,00	66,2	1751,47	1,2	0,93	34	18	47
Mínimo	61,00	0,0	0,0	34,2	515,2	1	0,8	27	10	14
Máximo	108,8	19,40	25,60	95,60	2255	2,3	1,01	50	38	60
Assimetria	0,53	2,03	1,03	-0,04	-0,952	0,737	-0,225	0,554	1,144	-1,212
Curtose	-0,36	4,18	1,33	0,41	2,258	-0,610	-0,392	-0,926	1,090	0,891
D. Padrão	11,89	4,57	5,67	12,45	318,582	0,339	0,045	6,630	6,133	10,910
Variância	141,49	20,90	32,18	155,03	101494,8	0,115	0,002	43,957	37,619	119,037
C.V. (%)	14,89	115,53	61,17	18,69	18,69	23,62	4,98	18,58	33,08	23,82
C. PER.	1,0	0,29	0,37	0,67	0,01	0,25	-0,15	0,12	0,10	-0,13

PR – Produtividade; PRT – Produtividade total; PV - Produtividade Verde; PD – Produtividade De Vez; PM – Produtividade Madura; RP – Resistência do solo a penetração; MO – Matéria Orgânica; DS – Densidade do Solo; AG - Argila; SL – Silte; AR – Areia; C.V. – Coeficiente de Variação; C.PER. – Correlação de Pearson relacionado a produtividade

Na tabela 02 são apresentados os respectivos modelos semivariogramas teóricos ajustados. Para os atributos físicos, o melhor modelo experimental foi o Gaussiano, contudo para resistência do solo a penetração representou o modelo Exponencial e matéria orgânica o modelo esférico e para produtividade o melhor modelo têm-se o esférico exceto a madura que foi atribuída o modelo exponencial.

Tabela 02. Modelos teóricos de semivariogramas dos atributos físicos e a produtividade do tomate industrial

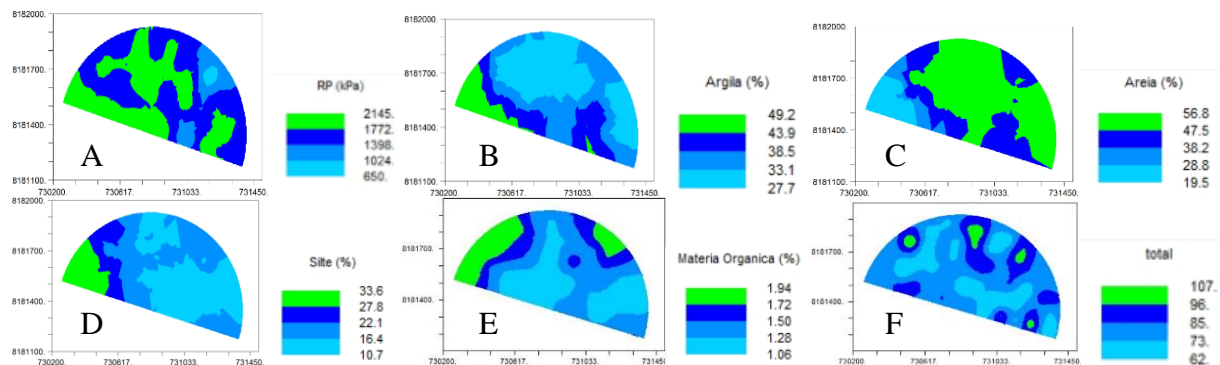
Parâmetro	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	Ao	R ²	RSS	GDE %
Prod. Total	Esférico	4,70	142,50	139,00	0,278	1626,00	96,71
Prod. Verde	Esférico	11,27	22,55	431,00	0,736	29,4	50,03
Produtividade De Vez	Esférico	9,28	36,84	495,00	0,731	207,00	74,81
Produtividade Madura	Exponencial	26,90	170,20	133,00	0,465	7493,00	84,20
Resistencia do solo a penetração	Exponencial	14600,00	108100,00	106,00	0,408	3,04.10 ⁰⁵	86,50
Matéria Orgânica	Esférico	0,03710	0,1250	370,00	0,564	3,32.10 ⁻³	70,32
Densidade do Solo	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
Argila	Gaussiano	14,80	47,78	185,0	0,876	127,00	69,03
Silte	Gaussiano	11,30	113,60	740,00	0,954	363,00	90,06
Areia	Gaussiano	50,00	410,90	981,00	0,913	3,69.10 ⁰³	87,84

Co – Efeito Pepita; Co+C1 – Patamar; Ao – Alcance (m); R² - Coeficiente de Determinação; RSS - Soma de Quadrados do Resíduos; GDE - Dependência Espacial em Porcentagem - $[Co/Co + C1].100$: (a) $0\% \leq GDE < 20\%$ Muito Baixa; b) $20\% \leq GDE < 40\%$ - Baixa; c) $40\% \leq GDE < 60\%$ - Média; d) $60\% \leq GDE < 80\%$ - Alta; e) $80\% \leq GDE < 100\%$ - Muito Alta e efeito pepita puro 100%) segundo Dalchiavon et al. (2012).

A matéria orgânica encontrada interagiu com a granulometria e a densidade do solo. Essas propriedades do solo respondem acima do esperado quando há uma concentração de matéria orgânica

que interage com a CTC da argila que é um efeito cimentante facilitando a agregação do solo, consequentemente a formação de microporos e a penetração de raízes no solo. A densidade do solo apresentou efeito pepita puro devido ao seu alcance ser menor que 90m, ou seja, esse atributo é uma variabilidade não explicada ou variação não detectada sendo causado também por erros de medidas, amostragem ou deve ser realizada a distâncias inferiores as que foram propostas neste trabalho. A produtividade total apresentou dependência espacial muito alta em torno de 96,71% e concentrou nas regiões extremas dos mapas. A figura 01 está confeccionada os mapas de isolinhas a partir da krigagem para melhor visibilidade.

Figura 01. Mapas espaciais para atributos físicos do solo e a produtividade de tomate industrial



A – Resistência do solo a penetração; B – Argila; C – Areia; D – Silte; E - Matéria Orgânica; F – Produtividade Total;

CONCLUSÕES: As regiões com maiores percentuais de argila apresentaram, resistência à penetração do solo e matéria orgânica mais elevada. A malha utilizada não detectou dependência para a densidade do solo devido ao alcance ser menor que 90m restringindo a interpolação de dados e a construção do mapa do mesmo. As maiores índices de produtividade concentraram-se nas extremidades onde se obteve menores níveis de RP e maior percentual de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASABE Standard S313.2**. St. Joseph, p. 903-904, 2006.
- ASSUNÇÃO, P.E.V.; SPINELLI, E.M.A.; CARDOZO, J.S. Caracterização da produção de tomate industrial no município de Morrinhos/GO: da utilização de defensivos à vantagem dos contratos. **Teoria e Evidência Econômica - Ano 19**, n. 40, p. 153-168, jan./jun. 2013.
- BAZZI, C.L.; SOUZA, E.G.; URIBE-OPAZO, M.A.; NÓBREGA, L.H.P.; ROCHA, D.M. Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n.5, p. 952-964, 2013.
- BIRO, K.; PRADHAN, B.; BUCHROITHNER, M.; MAKESCHIN, F. Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the Northern part of Gadarif region, Sudan, **Land Degradation & Development**, v. 24, n.4, p. 90-102, 2013.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; OLIVEIRA, M.S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.2, p. 8-19, 2011.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 1997. 212p.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JUNIOR, J.A. Desvendando os mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*. **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, p. 115-146, 2009.
- REIS, E.F.DOS.; HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; VASCONCELOS, L.H.C.; CAMPOS, A.J.DE. Força requerida para o desprendimento de frutos de tomate industrial em diferentes estádios de maturação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 293-301, 2015.
- SANTOS, F.F.B. Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV). 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia), Instituto Agronômico de Campinas.