

VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERES VEGETATIVOS DE UMA CULTIVAR DE MILHO VERDE, NA REGIÃO CENTRO-SUL DO TOCANTINS

Amanda da Silva Reis¹, Ana Beatriz Marques Honório², Kamilla Otoni Marques Batista², Tiago Alves Ferreira³, Kellen Kiara Barros Milhomens³

¹Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, *Campus* universitário de Gurupi (areis176@gmail.com)

²Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, *Campus* universitário de Gurupi

³Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, *Campus* universitário de Gurupi

Recebido em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017
DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a42

RESUMO

Quando se refere ao milho verde, os estudos são escassos, principalmente em novas áreas, a produção de milho verde é realizada principalmente por pequenos produtores, na maioria em áreas inferiores a 20 hectares. Diversos trabalhos, em diferentes regiões e têm demonstrando que o nível crítico para K disponível, está situado entre 50 e 60 mg kg⁻¹, dados que não podem ser constatados para o Tocantins, pela ausência de estudos sobre a cultura. Atualmente com o advento da agricultura de precisão existem diversos programas computacionais empregados, que auxiliam no melhor aproveitamento, e ou avaliação e eficiência dos cultivos agrícolas, com os dados gerados e ajustados da interpolação simples de dados (krigagem) e servem como base para estimar a variabilidade espacial de determinada variável. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a variabilidade espacial das características vegetativas de um híbrido de milho verde, cultivado sob diferentes doses de potássio, na região Centro-Sul do estado do Tocantins, utilizando o Software GS+. Foram coletados 60 pontos dentro de uma área de cultivo experimental, onde foi observada uma dependência do potássio aos demais nutrientes, para as características vegetativas do milho verde, exceto para o diâmetro de colmo, e clorofila "a" e clorofila total.

PALAVRAS- CHAVE: Cerrado, Geoestatística, *Zea Mays*

SPATIAL VARIABILITY OF VEGETATIVE CHARACTERS OF A GREEN CORN CULTIVAR, IN THE CENTER-SOUTH REGION OF TOCANTINS STATE

ABSTRACT

When referring to green maize, studies are scarce, especially in new areas, the production of green maize is carried out mainly by small producers, mostly in areas smaller than 20 hectares. Several studies have shown that the critical level for K available is between 50 and 60 mg kg⁻¹, data that can not be contacted for Tocantins due to the lack of studies on the crop. Nowadays, with the advent of precision agriculture, there are several computer programs used, which help in the best use

and / or evaluation and efficiency of agricultural crops, the data generated and adjusted from simple data interpolation (kriging) and serve as a basis for estimating the variability Of a given variable. The objective of this work was to evaluate the spatial variability of the vegetative characteristics of a hybrid of green maize grown under different potassium doses in the Central-South region of the State of Tocantins, using GS + Software. A total of 60 points were collected within an area of experimental cultivation, where a potassium dependence was observed for the other nutrients, for the vegetative characteristics of the green corn, except for stem diameter, and chlorophyll "a" and total chlorophyll.

KEYWORDS: Geostatistics, Thick, *Zea Mays*.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do milho possui importância sócio-econômica em diversas regiões do Brasil, contribuindo para a geração de renda tanto nos empreendimentos rurais como nos mais diversos segmentos industriais e comerciais do agronegócio brasileiro (NETO, 2007). No entanto quando se refere ao milho verde, os estudos são escassos, principalmente em novas áreas, que é o caso do estado do Tocantins, que compreende na sua totalidade a região conhecida como MATOPIBA. A produção de milho verde é realizada principalmente por pequenos produtores, na maioria em áreas inferiores a 20 hectares (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Por se tratar de produto de boa aceitação e alto valor agregado, o milho verde costuma atingir melhores preços de mercado que o milho convencional, tornando-se uma alternativa viável, principalmente para pequenos produtores. Isso porque além de possibilitar maior retorno de capital por área plantada, permite o aproveitamento das plantas do milho e do restante das espigas não comercializáveis que ficam na área para alimentação de bovinos além de favorecer a liberação mais cedo da área para outros cultivos.

Para os diversos cultivos agrícolas, o nitrogênio e o potássio se sobressaem em exigência nutricional pelas plantas. Baixas produtividades de milho verde podem ser atribuídas a deficiência desses nutrientes essenciais para a planta completar o ciclo e produzir de forma satisfatória. Diversos trabalhos, em diferentes regiões e culturas (BRAGA & BRASIL SOBRINHO, 1973, RAIJ, 1973, RITCHEY et al., 1979), têm demonstrando que o nível crítico para K disponível, determinado pelo método Mehlich 1, está situado entre 50 e 60 mg kg⁻¹.

Existem diversos programas computacionais empregados na agricultura de precisão; o método geoestatístico estuda e modela a estrutura de dependência espacial por meio do ajuste de semivariogramas experimentais, além de permitir os respectivos mapeamentos da área estudada por meio da krigagem que permite interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo, sem tendência e com variância mínima (DALCHIAVON et al., 2012; RESENDE et al., 2014).

Assim sendo, deve-se levar em consideração a distância entre as observações de uma combinação de valores amostrados adjacentes àquele que se deseja obter, levando-se em consideração, no modelo, a estrutura de variação espacial (MIRANDA et al., 2015). Portanto, a utilização dessas ferramentas, permite entender a variabilidade espacial de determinada característica, podendo ser os atributos de um solo, nível de fertilidade, relevo, bem como a produtividade, alturas de plantas etc. (MATIAS et al., 2015).

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a variabilidade espacial das características vegetativas de um híbrido de milho verde, cultivado sob diferentes doses de potássio, na região Centro-Sul do estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Campus Universitário de Gurupi, da Fundação Universidade Federal do Tocantins, em setembro de 2016, localizada nas coordenadas latitude sul 11°43'45" e longitude oeste 49°04'07" com altitude e 305 m de altitude, município de Gurupi, Tocantins. Segundo metodologia proposta por KÖPPEN (1948), o clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica, com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 27°C.

A cultivar de milho utilizado foi a AG 1051[®] da empresa Agroseres[®]. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, fatorial simples, sendo uma cultivar e 5 doses de K: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹ na forma de KCl, de acordo com a interpretação e análise de solo (Tabela 1), com 4 repetições. Cada parcela foi composta por 4 linhas de 5 m, com 66 plantas por parcela, com espaçamento de 0,75 x 0,20 m entre linhas e entre plantas respectivamente.

O plantio foi feito direta em sulcos. Na adubação de plantio foram utilizados 60 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia, 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 30 kg ha⁻¹ de K na forma de cloreto de potássio. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura sendo utilizado 60 kg ha⁻¹ de ureia, 35 kg ha⁻¹ de superfosfato simples.

TABELA 1. Atributos químicos e granulometria do solo utilizado no experimento.

pH	P _{meh}	K	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	C.O.	Argila	Silte	Areia Total
CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----dag 1---	kg-	-----%	-----	-----
5,3	26,3	32	0,08	1,7	0,9	0,0	2,20	1,9	1,1	24,8	1,2	74,0

M.O – matéria orgânica; C.O – carbono orgânico.

Para realização da amostragem, utilizam-se 60 pontos georreferenciados. Os pontos foram dispostos em intervalos equidistantes de 1,66 x 3,00 m entre plantas e entre linhas respectivamente entre si ao longo da parcela na área experimental de 218,52 m², da qual em cada ponto avaliaram-se três plantas.

Foram avaliadas as seguintes características vegetativas: Diâmetro de colmo (cm): feito com auxílio de um paquímetro digital; Clorofila A, B e Total: leitura feita com o aparelho Clorofilog e Altura de planta (cm): feita através de uma trena graduada. Inicialmente foi realizado o ajuste visual do modelo selecionado à nuvem de pontos do semivariograma experimental. O ajuste dos semivariogramas possibilitou definir os valores do efeito pepita (C₀), do alcance (A) e do patamar (C + C₀) (VIEIRA, 2000).

O efeito pepita é o valor da semivariância para a distância zero e representa o componente da variação ao acaso, o alcance é a distância máxima até onde ocorre dependência espacial e o patamar é o valor da semivariância onde a curva se estabiliza sobre um valor constante. Os valores da semivariância experimental foram determinados pelo programa GS+ (ROBERTSON, 2008).

Posteriormente, a escolha do modelo ajustado dos semivariogramas foi realizada com base na menor soma do quadrado dos resíduos (SQR), no maior

coeficiente de determinação (R^2) e maior grau de dependência espacial (GDE). A análise da dependência espacial foi efetuada segundo a expressão:

$$ADE = [C/(C + C_0)] 100$$

Em que ADE é o estimador da dependência espacial (%); C, a variância estrutural; e C + C₀, o patamar (LANDIM, 1998) onde permite classificar o GDE em: dependência espacial fraca em $GDE \leq 25\%$, dependência espacial moderada quando $25\% < GDE \leq 75\%$ e dependência espacial forte em $GDE > 75\%$. Na confecção do mapa de krigagem foi utilizado o programa computacional GS+ (ROBERTSON, 2008). Os mapas temáticos foram gerados no programa Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável diâmetro do colmo, verificou-se que a dependência espacial foi forte conforme a classificação de ROBERTSON, (2008). Na Tabela 1, pode-se observar os parâmetros do modelo ajustado ao semivariograma, o modelo gaussiano apresentou menor valor do A e soma dos erros ao quadrado (RSS) para variável de diâmetro do colmo do milho.

TABELA 1. Diâmetro de colmo de uma cultivar de milho verde, na região Centro-Sul do estado do Tocantins.

Parâmetro	Modelo	C0	C0 + C	IDE (%)	A	R ²
Diâmetro de Colmo	Gaussiano	0.01	10.05	99.9	4.22	0.851

Co- efeito pepita; Co+C- patamar; IDE- Índice de dependência espacial; A- alcance; R²- coeficiente de determinação.

Os coeficientes de determinação (R^2) mostram que o modelo proposto é adequado para descrever essa variável. O valor de alcance encontrado foi de 4,22 m para o diâmetro do colmo. Observa-se no mapa temático do diâmetro do colmo (Fig.1) que os índices de maiores diâmetros, foram no final da área, principalmente próximo ao centro da área, enquanto que os menores índices são observados no início, tanto no centro como na parte superior e inferior.

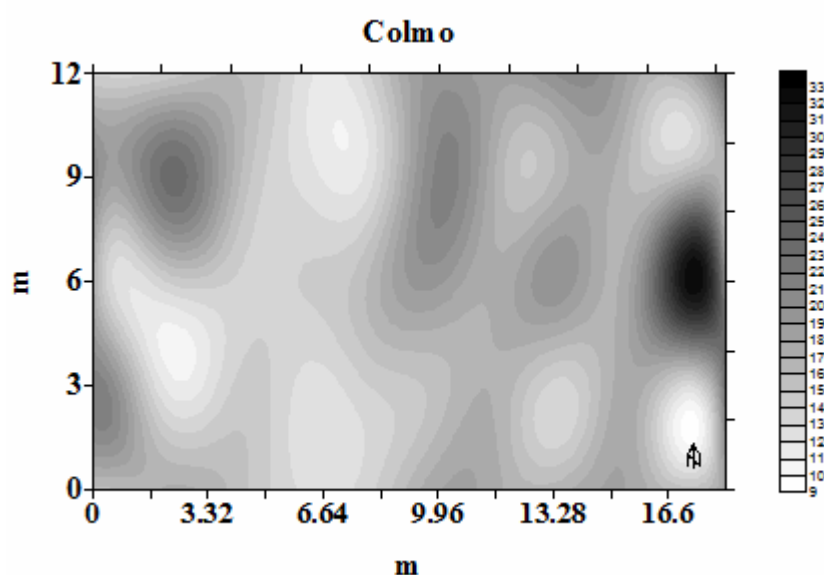


FIGURA 1. Diâmetro do colmo (cm) de milho sob diferentes doses de KCl, na região Centro-Sul do estado do Tocantins, 2017.

Tal resultado demonstra que a adição de K resultou em colmos mais grossos, sendo mais resistentes ao acamamento e ao quebramento (KARLEN et al., 1987). Os mapas temáticos mostraram que as plantas responderam melhor na área onde estão concentradas maiores doses de potássio (30; 60 e 80 kg ha⁻¹ KCl). Os menores índices de diâmetro de colmo foram nas áreas sem adição do potássio (0 kg ha⁻¹ de KCl).

Isso não ocorre porque o potássio faz parte de algum componente estrutural da planta, mas sim, pela ativação enzimática no processo de transporte de N e conseqüentemente crescimento e desenvolvimento celular, o que confere aumento de tecidos na planta (STROMBERGER et al., 1994).

TABELA 2 - Valores da média aritmética, mediana, moda, máximo, mínimo, coeficiente de curtose e assimetria, desvio padrão, coeficiente de variação para variável altura.

Média	Mediana	Moda	Mín.	Máx.	Coeficiente		D.V	Var.
					Curt.	Ass.		
5.55	2.23	2.35	1.5	203	59.9	7.74	25.9	672.0

As medidas de dispersão, assimetria e curtose encontram-se na tabela 2. Neste caso, nota-se que os valores de desvio padrão e variância para essa variável foram bastante elevados, isso indica que os valores de altura encontrados são muito dispersos.

TABELA 3. Valores de efeito pepita (Co), Patamar (Co+c), Alcance (A) para os modelos de semivariogramas testados (linear, esférico, exponencial, gaussiano) pelo método de verossimilhança para altura.

Variável	Modelo	Co	Co+C	A(m)
Altura	Linear	0.051	0.051	103.085
	Esférico	0.005	0.049	16.000
	Exponencial	0.009	0.049	0.1200
	Gaussiano	0.014	0.049	0.4157

Observou-se ainda, que a distribuição é dita ser positivamente assimétrica, com coeficiente de assimetria de 7.74. Quanto ao coeficiente de curtose (59.9) indica-se que a distribuição é altamente platicúrtica, ou seja, mais achatada. Dentre outros valores apresentados na tabela 2, nota-se que a média e a mediana, medidas que procuram caracterizar o centro da mesma distribuição de frequências, possuem valores distantes (5.55 e 2.23), respectivamente, assim sendo, a distribuição da variável em estudo, não pode ser considerada simétrica. Tal fato pode ser atribuído as características genéticas do cultivar de milho verde, não denotando dependência das doses de potássio para variável altura.

TABELA 4. Teor de clorofila "a" e clorofila total, em uma cultivar de milho verde, na região Centro-Sul do estado do Tocantins.

Parâmetros	Modelo	Co	Co + C	IDE (%)	A	R ²
Clorofila A	Esférico	8.99	25.67	35.02	10,24	0.957
Clorofila total	Gaussiano	0.1	105.600	0.09	4,2262	0.775

Co- efeito pepita; Co+C- patamar; IDE- Índice de dependência espacial; A- alcance; R²- coeficiente de determinação; RSS - soma de quadrados de erros.

Na análise de geoestatística que foi usada para quantificar e determinar a variabilidade espacial do índice de clorofila “a” e clorofila total, verificou-se que a dependência espacial foi moderada para clorofila “a” e fraca para clorofila total, conforme a classificação de ZIMBACK (2001).

O modelo que melhor se ajustou ao semivariograma experimental foi o modelo esférico para clorofila “a” e o modelo gaussiano para clorofila total. Segundo GREGO & VIEIRA (2005), o modelo esférico é o mais encontrado nas pesquisas que envolvem atributos do sistema solo-planta. HURTADO et al. (2009), encontraram modelo gaussiano e esférico como o melhor ajuste dos dados, estudando a variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada.

Os coeficientes de determinação (R^2) mostram que os modelos propostos são adequados para descrever essas variáveis. O valor de alcance encontrado foi de 10 m para clorofila “a” e 4 m para clorofila total. Deste modo, a distância entre pontos não deve ser menor que o alcance.

Segundo SILVA et al., (2008), a krigagem ordinária é um bom interpolador, por ser um estimador não tendencioso e exato, contribuindo para uma maior precisão na estimativa quando comparada com outros métodos, já que se o ponto a ser estimado for igual ao amostrado, o valor estimado deverá ser o mesmo. Assim, mapas temáticos foram gerados com auxílio do interpolador krigagem ordinária, para os índices de clorofila “a” e clorofila total, com o propósito de representar a distribuição espacial dos dados.

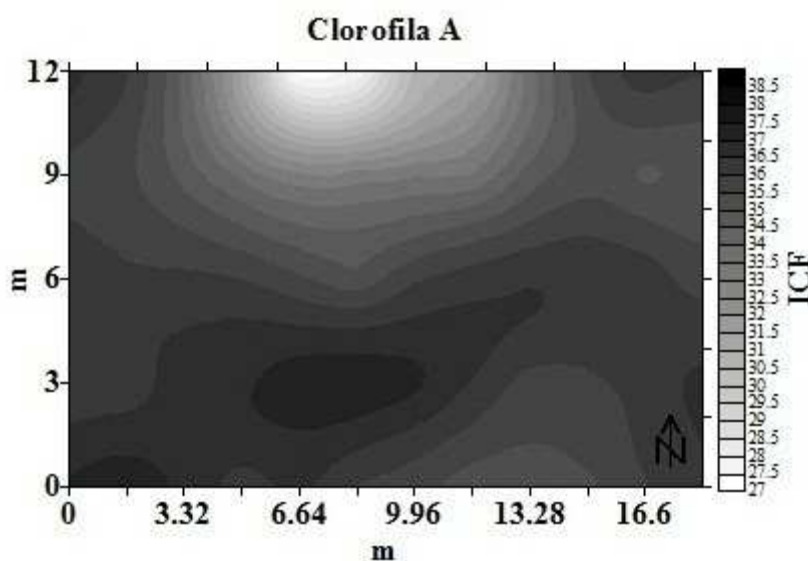


FIGURA 2. Teor de Clorofila “a” de milho verde, sob diferentes doses de KCl, na região Centro-Sul do estado do Tocantins, 2017.

Observa-se no mapa temático da clorofila “a” (Fig. 2) que os índices foram maiores na parte inferior da área, principalmente próximo ao centro da área, enquanto que os menores índices são observados no centro da parte superior.

TABELA 5: Valores de efeito pepita (Co), Patamar (Co+C), Alcance (A) para os modelos de semivariogramas testados (linear, esférico, exponencial, gaussiano) pelo método de verossimilhança para Clorofila “b”.

Variável	Modelo	Co	Co+C	A(m)
Clorofila b	Linear	3,196	31,196	10,5572
	Esférico	10,02	31,2	1,66
	Exponencial	13,15	31,2	0,12
	Gaussiano	15,2	31,2	0,4677

A análise geoestatística mostrou que a variável clorofila “b” não apresentou dependência espacial em nenhum dos modelos testados, que é denominado efeito pepita puro. Trata-se de uma indicação clara de que essa variável é espacialmente independente, apresenta distribuição casual ou de que o espaçamento de amostragem usado é maior que o necessário para revelar a dependência espacial e de que a única estatística aplicável é a clássica (SILVA et al., 1989).

O efeito pepita puro é importante e indica variabilidade não explicada, podendo ser decorrente de erros de medidas ou microvariações não detectadas, considerando os diferentes níveis de adubação potássica utilizada (CAMBARDELLA et al., 1994; PAZ et al., 1996; SALVIANO et al., 1998); isso denota uma dependência do potássio para com os outros nutrientes. No mapa temático da clorofila total (Fig. 3) os índices foram maiores também foi próximo ao centro da área na parte inferior, já os menores índices estão na extremidade do lado esquerdo da área, principalmente no centro dessa extremidade.

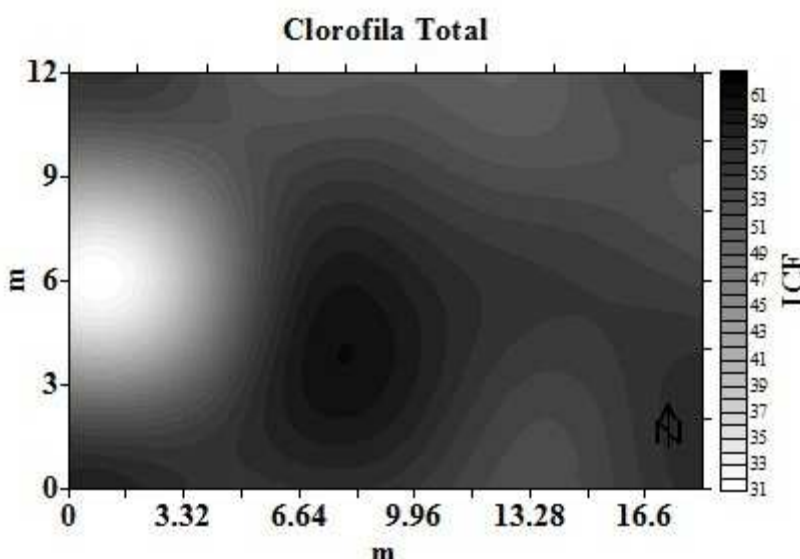


FIGURA 3. Teor de Clorofila total de milho verde, sob diferentes doses de KCl, na região Centro-Sul do estado do Tocantins, 2017.

Dentre vários processos nutricionais envolvidos, o nitrogênio e o potássio são responsáveis de forma significativa pelo desenvolvimento vegetal das plantas. Segundo HARDIN et al., (2012), o índice de clorofila da folha é uma medida indireta capaz de avaliar o estado de N na folha para várias culturas agrícolas. Os mapas temáticos mostraram que as plantas responderam melhor na área onde estão concentradas maiores doses de potássio, (60 e 80 kg/ha⁻¹).

Os menores índices de clorofila foram nas áreas com as menores doses (0 e 20 kg/ha⁻¹). JORDÃO et al., (2010) relatam que o índice de clorofila nas folhas de milho aumenta com as doses de nitrogênio aplicadas, fato que do a mesma dose de N, e variou apenas as doses de K não pode ser constatado nessa pesquisa tendo em vista que foi utilizado nesse trabalho.

Confirmando a hipótese de VIANA & KIEHL (2010) em que a disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre estes no solo são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (XU et al., 2002), sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas.

Tem sido verificado que o potássio está envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio (MARSCHNER, 1995). Entretanto, alguns trabalhos relataram que o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato (RUAN et al., 1999).

CONCLUSÕES

O potássio influenciou de forma positiva no maior diâmetro de colmo, e foi observada uma dependência dos teores de Clorofila Total em relação a Clorofila "a". Não foram observadas influências dos pontos de coleta para as características avaliadas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BRANT, R. S. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal** (UFU. Impresso), v. 24, p. 69-76, 2008. DOI: 10.14393/BJ-v33n3-36800

BRAGA, J. M.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais; I Potássio disponível. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 53-64, 1973.

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 American Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows version 8.0**. Colorado: Golden, 2002.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

HARDIN, J. A.; SMITH, M. W.; WECKLER, P. R.; CHEARY, B. S. In Situ Measurement of Pecan Leaf Nitrogen Concentration using a Chlorophyll Meter and Vis-near Infrared Multispectral Camera. **Hortscience**, Alexandria, v. 47, n. 7, p. 955–960, 2012.

HURTADO, S. M.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 300-309, mar/2009.

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R.S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: **Anais da 29ª Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas [CD-ROM]**; 2010; 17-21 set 2010; Guarapari. Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2010.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 1409-1417, 1987.

KÖPPEN, W. M. **Climatologia: con un studio de los climas de la terra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Fundação Editora da UNESP (Ciência e Tecnologia), 1998. 226 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **New York: Academic Press**, 1995. 874 p.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. S. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C.; COSTA, T. K. G. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2015.

MIRANDA, C. S.; FILHO, A. C. P.; LASTORIA, G. Aplicação da geoestatística no estudo da variabilidade espacial da piezometria. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. Anais... João Pessoa, 2015.

NETO, F. N. **Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava – PR**. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2007.

PAZ, A.; TABOADA, M. T. & GOMEZ, M. J. Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v. 3, p. 479-503, 1996.

RAIJ, B. V. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 575- 579, 1973.

RESENDE, J. M. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; FILHO, M. M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. B. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste maranhense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1077-1090, 2014. ISSN 0190 - 4167

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G. de.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 29-32, 1979.

ROBERTSON, G. P. **GS+: geostatistics for the environmental sciences** – GS+ User's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 2008. 152 p.

RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of diffents types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 47-52, 1999.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 22, p.115-122, 1998.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. & VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da resistência a penetração de um Latossolo Vermelho-Escuro ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 13, p. 1-5, 1989.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. de S.; SOUZA, G. S. de; OLIVEIRA, R. B. de. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão. **Idesia** (Chile), v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008. DOI: 10.4067

STROMBERGER, J.A.; TSAI, C.Y.; HUBER, D.M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, p. 19-37, 1994.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), v. 69, p. 975-982, 2010.

VIEIRA, S. R. **Geostatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: UFV - Universidade Federal de Viçosa. Tópicos em Ciências do Solo. Viçosa: SBCS, 2000.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 719-734, 2002.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo.** Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p. 114, 2001.