



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO CULTIVADO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO NO CERRADO BRASILEIRO

Motomiya, A.V.A.⁽¹⁾; Motomiya, W.R.⁽²⁾; Lira, A⁽³⁾.; Oliveira, J.R.G.⁽³⁾; Molin, J.P.⁽⁴⁾

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo caracterizar a variabilidade espacial de nutrientes em tecido foliar na cultura do algodoeiro, cultivado em Latossolo Vermelho distrófico, no Município de Chapadão do Céu, GO. Os dados foram coletados numa área de 90 ha, com dimensões de 1.000 m x 900 m, a qual foi dividida numa malha com espaçamento regular de 100 m entre pontos. Com o objetivo de se detectar a variação na pequena escala, foram feitas amostragens mais intensas com espaçamento de 33 m em cinco posições dentro da área, totalizando 170 pontos amostrais. A amostragem de tecido foliar foi realizada na época de floração, entre 80 a 90 dias após a emergência, coletando-se 20 folhas por ponto. As médias de teores de todos os nutrientes, à exceção do N, apresentaram-se como adequadas. Todas as variáveis apresentaram um baixo coeficiente de variação ($CV < 15\%$). Os dados das variáveis N, P, Ca e Mg foram ajustados ao modelo exponencial, S ao modelo esférico e K ao modelo linear, tendo apresentado efeito pepita puro. As variáveis Ca, Mg e P apresentaram os melhores coeficientes de determinação do modelo, com R^2 de 0,94, 0,89 e 0,76 respectivamente. Os parâmetros dos semivariogramas ajustados foram utilizados para estimação em locais não amostrados e posterior elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis.

ABSTRACT: *This work was conducted in order to characterize the space variability of leaf nutrients in cotton, cultivated in a Latossolo, in Chapadão do Céu, GO. Data were collected in an area of 90 ha, with dimensions of 1.000 m x 900 m, which was divided in a regular mesh 100 m spacing. With the objective of detecting the variation in the small scale, a more intense sampling was conducted with spacing of 33 m in five positions inside of the area, totalizing 170 sample points. Leaf sampling was accomplished at flowering time, among 80 to 90 days after the emergency, collecting 20 leaves at each point. Averages of all the nutrients, except N, were appropriate. All the variables presented a low coefficient of variation ($CV < 15\%$). The data of the variables N, P, Ca and Mg were adjusted to the exponential model, S to the spherical model and K to the lineal model, having presented pure nugget effect. Variable Ca, Mg and P presented the best coefficient of determination of the model, with R^2 of 0,94, 0,89 and 0,76 respectively. The parameters of the adjusted semivariogramas were used to estimate values in places not sampled and posterior elaboration of maps of space distribution of variables.*

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, algodão, dependência espacial, geoestatística.

¹ Pós-graduanda Esalq/USP, bolsista da Fundect/MS, Professora Assistente UUC/UEMS, e-mail: anamari.v@uol.com.br; ²Eng. Agrônomo, MSc. Fazenda Planalto; ³Estudantes de graduação UUC/UEMS, bolsistas PIBIC; ⁴Professor Doutor Depto Engenharia Rural da ESALQ/USP



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

KEYWORDS: precision agriculture, cotton, spatial dependence, geostatistic.

INTRODUÇÃO: Entre as culturas anuais cultivadas na região do Brasil Central, destaca-se a cultura do algodoeiro, a qual é uma das fibras vegetais cultivadas mais antigas do mundo. Mais de 58% da produção nacional de algodão é proveniente dessa região. Apesar de seu cultivo ser recente, encontrou clima e solos com ótimas condições para seu desenvolvimento, chegando-se a obter produtividades de 3.370 kg/ha. Atualmente, mais de 75% da área cultivada com algodão no Brasil encontra-se na região do cerrado. Para o aumento da produtividade, ou, ainda, para a racionalização do uso de insumos, deve-se identificar os fatores de produção que limitam o crescimento das plantas. Neste sentido, surge o conceito de gerenciamento regionalizado de solo e planta, segundo o qual as práticas agrícolas devem ser realizadas de acordo com as condições localizadas no campo, ou em regiões específicas de gerenciamento, levando-se em consideração a desuniformidade intrínseca dos solos. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a variabilidade espacial de nutrientes em tecido foliar na cultura do algodoeiro, cultivado em Latossolo Vermelho distrófico, no Município de Chapadão do Céu, GO.

MATERIAIS E MÉTODOS: A área deste estudo está localizada na Fazenda Planalto, Município de Chapadão do Céu, GO, na região da bacia do Rio Aporé que divide os estados de Mato Grosso do Sul e Goiás. Nesta região, encontram-se os chapadões, caracterizados por uma situação geográfica favorável à agricultura, devido às grandes extensões de terra com relevo plano e elevada altitude. A área de estudo vem sendo cultivada com culturas anuais (soja, milho e algodão) em rotação, no sistema que na região é considerado como semi-direto. Neste sistema, o solo é revolvido após a colheita do algodão, para incorporação dos restos culturais, visando o controle de pragas nesta cultura. O milho é utilizado como fornecedor de palhada para cobertura do solo. O solo da área de estudo pertence à classe Latossolo Vermelho distrófico, textura média. A região apresenta altitude média de 814m, com relevo predominantemente suave, com declividades médias variando de 1 a 2%. A área de estudo foi visitada periodicamente, para acompanhamento e assessoria técnica, visando o controle de pragas e doenças que possam atacar a cultura. O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com a ocorrência destas e segundo as recomendações técnicas dos consultores que atuam na Fazenda. A semeadura foi realizada no dia 25/11/03 utilizando-se a variedade Acala 90, no espaçamento de 0,90 m. A adubação e correção do solo foram realizadas com base na análise de solo e na expectativa de produção de 4500 kg/ha, sendo aplicados 130 kg/ha de nitrogênio, 90 kg/ha de P₂O₅ e 148 kg/ha de K₂O. Os dados foram coletados numa subárea de 90 hectares, com dimensões de 1.000 m x 900 m, a qual foi dividida numa malha com espaçamento regular de 100 metros entre pontos, ao longo de 11 transeções paralelas com 900 m de comprimento e equidistantes de 100 m, formando um retângulo com 10 colunas e 11 linhas. Com o objetivo de se detectar a variação na pequena escala, foram feitas amostragens mais intensas com espaçamento de 33 metros em cinco posições dentro da área, totalizando 170 pontos amostrais. Cada ponto amostral foi composto de duas linhas de 2,00 m, constituindo uma célula amostral de 3,60 m². A amostragem de tecido foliar foi realizada na época de floração, entre 80 a 90 dias após a emergência, coletando-se 20 folhas por ponto. A determinação analítica dos teores de nutrientes foi realizada no Laboratório da Embrapa – Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e geoestatística. A existência de uma estrutura de dependência espacial fornece os parâmetros necessários para estimar os valores em locais não amostrados (GOOVAERTS, 1997). A partir da krigagem, foram gerados mapas de distribuição espacial das variáveis estudadas. Para as variáveis que não apresentaram ajuste ao semivariograma (efeito pepita puro), a estimação em locais não amostrados foi realizada com o



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

método do Inversa Distância ao Quadrado (IDQ). As análises estatísticas e krigagem foram realizadas utilizando-se o programa GS+ (ROBERTSON, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise de tecido foliar é uma importante ferramenta para a avaliação do estado nutricional das plantas e da disponibilidade de nutrientes do solo. Segundo STAUT & KURIHARA (2001) em áreas com problemas de desbalanço nutricional, as plantas de algodão podem apresentar deficiência induzida de potássio mesmo com boa disponibilidade desse nutriente no solo, em função do excesso de magnésio. Relações antagônicas também podem ocorrer entre outros nutrientes, como Ca x Mg, P x Zn e Mg x Mn. A Tabela 1 apresenta os resultados da análise estatística descritiva e geoestatística para os teores de macronutrientes obtidos no tecido foliar do algodoeiro, coletado no período de florescimento. Observa-se que a média (muito próxima à mediana) de todos os nutrientes, à exceção do N, apresentam-se com os teores adequados, conforme estabelecido por SILVA et al. (1995), citados por STAUT & KURIHARA (2001), sendo que a média dos teores de N apresentou-se ligeiramente acima dos teores estabelecidos por aqueles pesquisadores. É interessante destacar que, apesar de haver uma grande amplitude entre valores máximos e mínimos para os diferentes nutrientes, todos apresentaram um baixo coeficiente de variação ($CV < 15\%$). As distribuições de frequência aproximaram-se da distribuição normal para todos os nutrientes, com exceção do enxofre, que apresentou distribuição log-normal. Os dados referentes ao estado nutricional foram submetidos à análise geoestatística para verificação da dependência espacial. Os dados das variáveis N, P, Ca e Mg foram ajustados ao modelo exponencial, S ao modelo esférico e K ao modelo linear, tendo apresentado efeito pepita puro (ausência de dependência espacial no espaçamento amostral utilizado). Os modelos exponenciais não exibem um valor de patamar finito, mas para propostas práticas, há um ponto limite no qual a semivariância pára de aumentar. Este ponto, chamado de alcance prático, correspondente a 95% do patamar. As variáveis Ca, Mg e P apresentaram os melhores coeficientes de determinação do modelo, com R^2 de 0,94, 0,89 e 0,76 respectivamente. O melhor ajuste dos dados aos modelos refletiu-se num maior alcance de dependência espacial para estas variáveis. As variáveis N e S apresentaram um baixo R^2 , e também baixos valores de alcance. Examinando-se os semivariogramas ajustados, observa-se que estas variáveis tiveram um comportamento mais próximo ao efeito pepita puro, tal qual a variável K.



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

Tabela 1. Resultados da análise estatística descritiva e geoestatística dos teores de nutrientes no tecido foliar do algodoeiro

	N	P	K	Ca	Mg	S
Estatística descritiva						
média	46,86	2,69	19,18	26,37	3,93	6,43
mediana	46,83	2,70	19,00	26,00	4,00	6,30
S	3,55	0,30	2,04	3,00	0,58	0,89
S ²	1,58	0,09	4,16	9,01	0,34	0,79
CV	7,58	11,15	10,64	11,38	14,76	13,85
mínimo	33,95	1,8	14,5	19,3	2,5	4,6
máximo	61,04	3,4	24,5	34,4	5,7	9,6
n	170	169	168	169	170	170
assimetria	0,90	-0,38	0,19	0,30	-0,07	1,15
curtose	4,24	0,08	-0,24	-0,16	0,42	2,11
Geoestatística						
modelo	Exp.	Exp.	linear	Exp.	Exp.	Esf.
Co	3,23	0,06	3,65	4,72	0,15	0,21
Patamar	12,72	0,13	3,65	14,44	0,65	0,82
A ₀	55,0	1065	438,09	1293,0	2110,0	41,0
A ef.	165,0	3195	438,09	3879,0	2110,0	123,0
GDE	0,75	0,50	0,00	0,67	0,77	0,75
R ²	0,42	0,76	0,316	0,94	0,89	0,23
SQD	5,99	2,851 ⁻⁴	0,04	0,62	8,75 ⁻³	0,02

s= desvio padrão amostral; s²= variância amostral; CV= coeficiente de variação; n= número de observações. C₀: efeito pepita; A₀: alcance prático; A ef.: alcance efetivo; G.D.E: grau de dependência espacial; R²: coeficiente de determinação do modelo; rss: soma do resíduo ao quadrado.

Os parâmetros dos semivariogramas ajustados foram utilizados para a elaboração de mapas de distribuição espacial dos teores de nutrientes na lavoura em estudo (Figura 1). Observa-se uma distribuição semelhante para os teores de N e S, nos tecidos foliares. O mapa da distribuição espacial dos teores foliares de fósforo permite dividir a área de estudo em duas regiões: a primeira, de 0 a 500 m (eixo X), com valores abaixo, e a segunda, de 500 a 1000 m (eixo X), com valores acima de 2,73 g/kg. O bom ajuste dos semivariogramas proporcionou delinear regiões distintas para as variáveis Ca e Mg, com nítido gradiente espacial. Observa-se que a região com teores mais elevados de Ca e Mg apresentou valores mais baixos de P, formando gradientes de distribuição espacial inversos ao longo do talhão. Associado ao efeito pepita puro apresentado pela variável K, tem-se um mapa no qual o teor do nutriente no tecido foliar situou-se ao redor da média, com valores menores de 20,7 g/kg.



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

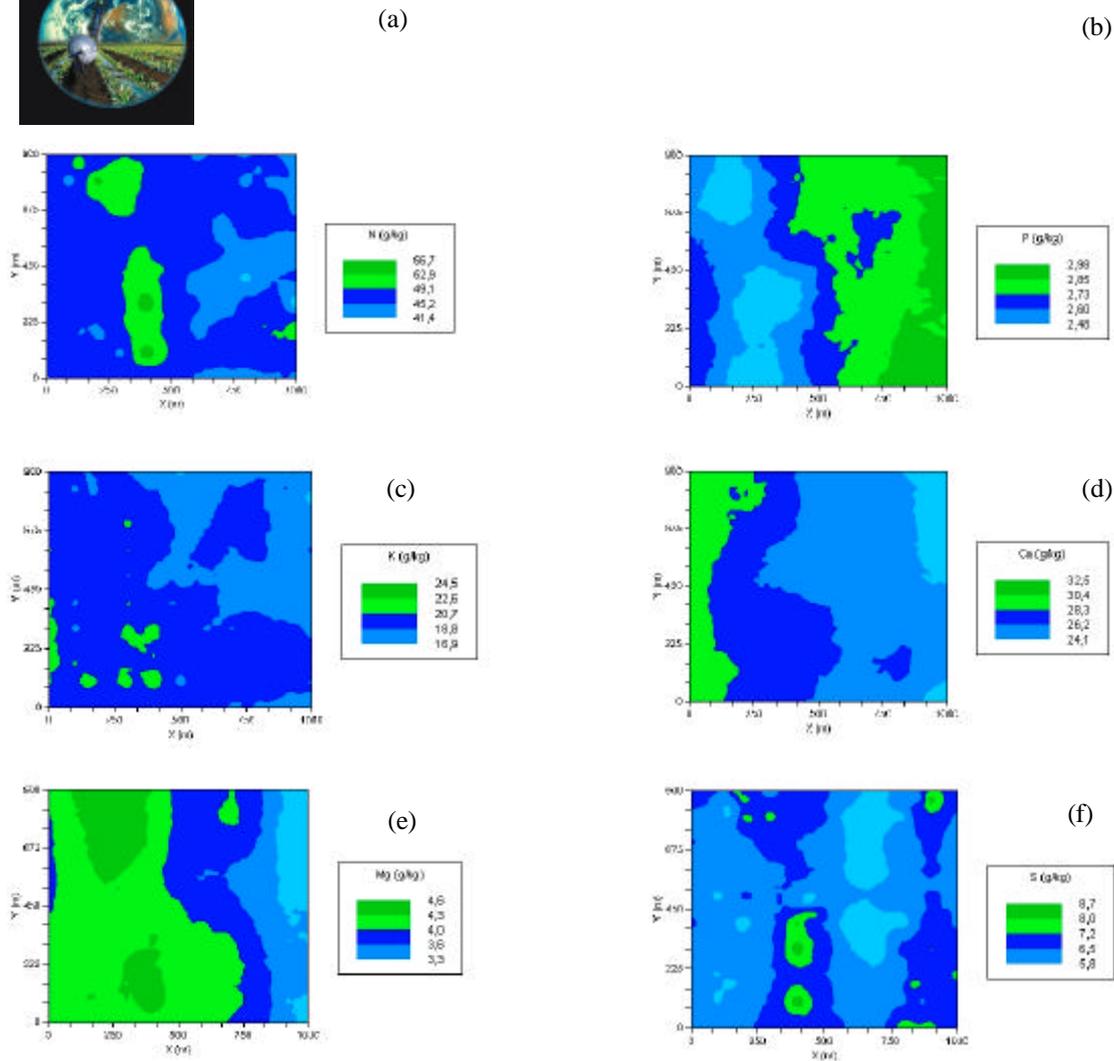


Figura 1. Mapa da distribuição espacial dos teores foliares de nutrientes (g/kg) na cultura do algodoeiro: (a) nitrogênio; (b) fósforo; (c) potássio; (d) cálcio; (e) magnésio; (f) enxofre.

CONCLUSÕES: As médias de teores de todos os nutrientes, à exceção do N, apresentaram-se como adequadas. Todas as variáveis apresentaram um baixo coeficiente de variação. Os dados das variáveis N, P, Ca e Mg foram ajustados ao modelo exponencial, S ao modelo esférico e K apresentou efeito pepita puro. As variáveis Ca, Mg e P apresentaram os melhores coeficientes de determinação do modelo, com R^2 de 0,94, 0,89 e 0,76 respectivamente. Associado ao melhor ajuste dos semivariogramas, foi possível delinear regiões distintas para as variáveis P, Ca e Mg, com nítido gradiente espacial.



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York, Oxford University Press, 1997.

ROBERTSON, G.P. **GS⁺: Geostatistics for the environmental sciences**. Gamma Design Software. Plainwell, MI. 1998.

STAUT, L. A. & KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 103-122.