

MAPAS TEMÁTICOS DE TEORES DE ALUMÍNIO E RENDIMENTO DE GRÃOS NA CULTURA DO CRAMBE (*Crambe abyssinica*) EM LATOSSOLO ARGILOSO

THEMATIC MAPS OF LEVELS OF ALUMINIUM AND GRAIN YIELD IN CULTURE CRAMBE (*Crambe abyssinica*) IN CLAYEY OXISOL

VIEIRA, Maycon Daniel

email: mayconvieira@utfpr.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar, com auxílio de mapas temáticos obtidos através da interpolação por krigagem ordinária, a existência de relação entre teores de alumínio com a produtividade da cultura do crambe (*Crambe abyssinica*), em Latossolo argiloso sob sistema de plantio direto. Para tanto, conduziu-se a pesquisa em área experimental localizada na cidade de Cascavel – Paraná – Brasil. O grid experimental foi estabelecido em área com dimensões de 100 x 100m, totalizando 100 pontos, onde foram coletadas amostras parcialmente deformadas do solo para determinação dos teores de Al, bem como da produtividade da cultura do crambe. Para a análise estatística, utilizou-se o software R e para a análise geoestatística o pacote GeoR. Os resultados mostraram que houve relação insignificante entre Al e produtividade da cultura do crambe.

Palavras-chave: geoestatística; culturas energéticas; produtividade.

Abstract

The aim of this study was to verify, using thematic maps obtained by interpolation by ordinary kriging, the existence of visual relationship between aluminum levels with the yield of crambe (*Crambe abyssinica*) in clayey Oxisol under no-tillage system. Therefore, we conducted research in experimental area located in the city of Cascavel - Paraná - Brazil. The experimental grid was established in the area with dimensions of 100 x 100m, totaling 100 points, samples were collected partially deformed soil for determination of Al, as well as crop yield crambe. For statistical analysis, we used the software R and the geostatistical analysis package GeoR. The results showed weak visual relationship of Al with the yield of crambe.

Key-words: geostatistics; energy crops; productivity.

1 INTRODUÇÃO

O Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), é uma oleaginosa nativa da zona do mediterrâneo e pertencente à família das brassicáceas, destacando-se com grande potencial na produção de óleo destinado à fabricação do biodiesel (PILAU et al., 2011). Apresenta um ciclo aproximado de 90 dias, é tolerante à seca, baixas temperaturas e geadas, exceto na fase de plântula e florescimento, tornando-se uma boa opção para a rotação de culturas (PITOL, 2008).

Esta cultura possui algumas características importantes: necessita de boas condições na camada sub-superficial do solo e não tolera solos ácidos ou com alumínio tóxico, necessitando de solos eutróficos ou corrigidos para seu cultivo (FUNDAÇÃO MS, 2011). A resposta do crambe à fertilidade do solo é parecido ao de pequenos grãos (Knights, 2002), como a colza (*Brassica napus* L.) a canola (*Brassica napus* L. e *Brassica rapa* L.) e a mostarda (*Brassica juncea* L.), porém, ainda não existem recomendações específicas para a cultura.

Mesmo possuindo um sistema radicular profundo, o crambe é sensível à níveis de alumínio tóxico, devendo-se atentar para um perfil de solo bem corrigido. A correção do solo deve ser realizada para elevar o pH até 5,8 a 6,2, considerada como faixa ótima para esta cultura. Da mesma forma, busca-se elevar a saturação de bases a 60% e diminuir a presença e influência do alumínio trocável. (BROCH & ROSCOE, 2010).

A influência de teores de alumínio em

várias espécies de vegetais, tem sido relacionada à capacidade das plantas em manterem em suas raízes, ou na parte aérea, níveis adequados de nutrientes essenciais (Mendonça et al., 2003). A toxicidade provocada pelo alumínio manifesta-se inicialmente pela redução da taxa de alongação radicular após o contato com a solução contendo alumínio (Custódio et al., 2002) e drástica redução no crescimento da parte aérea (Beutler et al., 2001).

A cobertura vegetal depositada na superfície do solo tende a diminuir a acidez e reduzir o efeito do alumínio. A complexação do alumínio por substâncias húmicas da matéria orgânica parece ser a reação mais importante sob ponto de vista da redução da fitotoxidez, uma vez que essa reação tende a ser mais duradoura do que o efeito no pH do solo (Salet, 1998).

Considerando que, em uma mesma área de cultivo podem ocorrer variações dos atributos físicos e químicos do solo, torna-se importante a análise da variabilidade espacial destes atributos para verificar sua relação com a produtividade.

Normalmente, as taxas de aplicação de fertilizantes são calculadas tendo como referência valores médios onde a aplicação é realizada de forma homogênea em toda a extensão do campo. Porém este tratamento pode gerar desperdícios econômicos ao produtor, além de danos ambientais (SPAROVEK & SCHNUG, 2001). Sendo assim, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes melhorando

o controle do sistema de produção das culturas (SOUZA et al., 2004).

Mercante et al. (2003), cita que a variabilidade espacial dos atributos do solo que influenciam a produtividade das culturas é fator indispensável à instalação de um programa de agricultura de precisão. Esta variabilidade pode ser estudada através de técnicas geoestatísticas baseadas na “teoria das variáveis regionalizadas”, que têm como base, a verificação da condição de existência da variabilidade espacial por meio do semivariograma. Com a utilização da geoestatística é possível estabelecer o modelo de semivariograma que melhor descreva a variabilidade espacial dos dados, tornando possível a geração de mapas através da krigagem (AMARO FILHO et al., 2007).

Na análise de variáveis do solo através de mapas temáticos e sua relação com a produtividade da culturas, surgem grandes dificuldades em interpretar os resultados obtidos, pois, em grande parte, não são disponibilizados todos fatores e variáveis que podem influenciar na produtividade, como por exemplo, fertilidade do solo combinado com infestação de plantas daninhas, baixo estande de plantas, presença de pragas e outros fatores que interferem na produtividade (MALLARINO et al., 1996), haja visto também, que a análise de todos estes fatores acabam por se tornar onerosos.

Atualmente, são poucos os estudos que utilizam mapas temáticos de atributos químicos e ou físicos do solo relacionando-os a produtividade da cultura do crambe. Em estudo recente, sobre

variabilidade de atributos químicos de um latossolo argiloso relacionados à produtividade da cultura do crambe, através de mapas temáticos, Vieira et al. (2012) verificaram relação insignificante entre teores de matéria orgânica, fósforo, potássio e acidez do solo com o rendimento de grãos da cultura do crambe.

O objetivo deste trabalho é verificar, com auxílio de mapas temáticos obtidos através da interpolação por krigagem ordinária, a existência de relação entre teores de alumínio com a produtividade da cultura do crambe (*Crambe abyssinica*), em Latossolo argiloso sob sistema de plantio direto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido do mês 04/2011 a 09/2011, em área pertencente à Faculdade Assis Gurgacz, localizada na cidade de Cascavel – Paraná – Brasil. A área em estudo está situada na coordenadas 24°56'24”S e 53°30'42”W, com 674m de altura. A precipitação e temperatura médias anuais são, respectivamente de 1.640mm e 19oC. O clima local é temperado mesotérmico e super úmido, Cfa (Köppen). O solo em estudo foi classificado como sendo um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, textura argilosa a muito argilosa (600g kg-1 de argila; silte kg-1 320g e 80g kg-1 de areia), substrato basalto e relevo ondulado suave, de acordo com EMBRAPA (2006).

A área na qual foi estabelecida a pesquisa

vem sendo utilizada em rotação de culturas sob sistema de plantio direto por dez anos, com as culturas de soja, milho, trigo e aveia. A semeadura ocorreu no final do mês de maio e o ciclo da cultura estendeu-se até início de setembro completando aproximadamente 110 dias.

A semente de crambe utilizada foi da cultivar FMS Brilhante, produzida em Mato Grosso do Sul, com espaçamento entre linhas de 0,21m e densidade de 30 sementes por metro de linha de semeadura. Os lotes de sementes de crambe produzidos no Estado de Mato Grosso do Sul apresentam um alto padrão de qualidade fisiológica, sendo que, de acordo com a classificação do vigor de plântulas, há uma média de aproximadamente 72% de germinação (MASETTO, 2009).

Outra característica da FMS Brilhante é a de apresentar os melhores resultados de germinação e vigor de sementes na temperatura de 25°C, também sugerindo-se o fotoblastismo (LIMA, 2012). A produtividade do crambe varia de 1000 a 1500 Kg/ha (PITOL, 2008), já a composição de óleo na semente é de 36 a 38% (FUNDAÇÃO MS, 2011).

Para a instalação do grid experimental selecionou-se uma área com dimensões de 100 x 100m, georreferenciada a cada 10m com auxílio de GPS Garmim modelo 60CSx, em duas direções perpendiculares entre si, totalizando 100 pontos. Foram coletadas amostras parcialmente deformadas do solo para a determinação dos teores de alumínio (Al), na profundidade de 0,1m em cada ponto georreferenciado. A análise química foi realizada

pelo Laboratório de Análises Químicas do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, sendo analisados, além dos teores de Al, outras características como pH, matéria orgânica, P e K. Para análise da produtividade (Pd), coletou-se uma área de 4m² em cada ponto georreferenciado e corrigiu-se a umidade dos grãos à 13%.

Com o objetivo de identificar o comportamento inicial dos dados realizou-se uma análise descritiva utilizando o software R (R Development Core Team, 2009), e para investigar se os dados apresentam distribuição normal realizou-se o teste de normalidade de Anderson Darling, conforme Tabela 1. Na análise geoestatística utilizou-se o pacote GeoR (RIBEIRO e DIGGLE, 2001), sendo que, para a estimação da estrutura de dependência espacial dos dados utilizou-se o estimador de Cressie e Hawkins, com o semivariograma experimental versus, Equação (1), em que γ e h são valores da variável regionalizada em estudo nas posições x_i e x_j , sendo x_i uma coordenada espacial (x_i, y_i) , em que R^2 é um espaço paramétrico de R^2 ; n corresponde ao número de pares de valores amostrados separados por uma distância.

Quando ocorrem pontos discrepantes, que não possam ser eliminados ou substituídos, a literatura recomenda o estimador de semivariância de Cressie e Hawkins (1980), para uma variável georreferenciada $Z(\cdot)$.

Segundo Faraco (2008), o estimador de Cressie e Hawkins é mais resistente mesmo no caso de dados atípicos (outliers). As semivariâncias foram calculadas utilizando um cutoff de 50% da distância

máxima.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{\left\{ \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(S_i) - Z(S_i + h)|^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}{0,914 + \frac{0,988}{N(h)}} \quad (1)$$

Os métodos utilizados para o ajuste do semivariograma teórico ao experimental foram o dos mínimos quadrados ordinários (OLS) e dos mínimos quadrados ponderados (WLS), e os modelos ajustados foram o exponencial e esférico. Para avaliar o ajuste ao semivariograma experimental, utilizou-se a validação cruzada, uma técnica que permite comparar os valores previstos com os amostrados (ISAAKS e SRISVASTAVA, 1989), sendo que o erro médio (EM) e erro médio reduzido (ER) devem ser mais próximo a zero, o desvio padrão dos erros reduzidos (SER) deve ser mais próximo a 1 (um) e o erro absoluto (EA) é uma medida da magnitude dos erros na unidade da variável regionalizada (MELLO, 2004). As Equações (2) a (5) representam estas informações.

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z(S_i) - \hat{Z}(S_{(i)})) \quad (2)$$

$$ER = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Z(S_i) - \hat{Z}(S_{(i)})}{\sigma(\hat{Z}(S_{(i)}))} \quad (3)$$

$$S_{ER} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Z(S_i) - \hat{Z}(S_{(i)})|}{\sigma(\hat{Z}(S_{(i)}))}} \quad (4)$$

$$EA = \sum_{i=1}^n |\hat{Z}(S_i) - Z(S_{(i)})| \quad (5)$$

Após a escolha do modelo utilizou-se a krigagem ordinária para obtenção dos mapas temáticos de Al e Produtividade (Pd).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com Warrick e Nielsen (1980), os limites do coeficiente de variação (CV) para atributos do solo podem ser classificados como: $CV \leq 12\%$ (baixa variabilidade), $12\% < CV < 24\%$ (média variabilidade) e $CV \geq 24\%$ (alta variabilidade). Os dados descritivos, juntamente com os valores de CV para Al e Pd, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise descritiva do atributo Al e da produtividade da cultura do crambe (Mg ha⁻¹)

Atributo	Min.	1º Quart.	Mediana	Média	3º Quart.	Máx.	Desv. Padrão	CV (%)	p-valor*
Al	0,00	1,10	1,20	1,75	2,50	5,10	1,01	58	2,79e ⁻¹⁶
Pd	0,09	0,29	0,37	0,38	0,47	0,88	0,15	41	0,00048

*Teste de normalidade de *Anderson-Darling*. Considera-se normal a distribuição que apresentar p-valor maior que 0,05.

De acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), observa-se que Al apresentou alta variabilidade ($CV \geq 24\%$), demonstrando uma grande variação do atributo em relação à área de estudo, porém não levando em consideração uma variação regionalizada.

Mesmo não possuindo mesma classificação de solo, os valores encontrados estão de acordo com valores encontrados por Silva e Chaves (2006), em que constataram alta variabilidade para o alumínio trocável durante estudo sobre variabilidade espacial de atributos químicos de um solo do perímetro irrigado de Petrolina, PE, Brasil.

Os dados de Pd variaram de 0,09 a 0,88

Mg ha⁻¹, com uma média de 0,38 Mg ha⁻¹, valor inferior ao encontrado por Pitol (2008) em que, sob boas condições de solo e fertilidade, destaca que tal produtividade pode variar de 1,0 a 1,5 Mg ha⁻¹. A baixa produtividade pode estar relacionada com a competição da cultura de aveia cultivada anteriormente e aos níveis de pH encontrados na pesquisa (média = 5,05).

Os teores de Al encontrados estão, provavelmente, relacionados aos índices de pH (média de 5,05), já que este é um dos componentes da acidez do solo. Oliveira et al. (2005), cita três maneiras principais que provocam a acidificação do solo, sendo uma destas, e de grande importância, a hidrólise do alumínio. Com relação aos tipos de acidez do solo a mais preocupante é a acidez potencial, prejudicial ao crescimento da maioria das plantas, sendo a soma da acidez trocável e da não trocável.

Considerando que o crambe exige solos eutróficos e bem corrigidos para o seu cultivo, conforme estudos da FUNDAÇÃO MS (2011) e, conforme constatação de Vieira et al. (2012), em que níveis de pH obtiveram melhor correlação, mesmo que não intensamente, entre atributos químicos e produtividade da cultura do crambe em latossolo argiloso, podemos concluir que o baixo nível de produtividade da pesquisa deve estar relacionado aos índices de pH encontrados. Pois segundo Jasper (2009), o crambe se desenvolve melhor em solos com pH entre 6,0 e 7,0.

Mesmo tendo constatado a média de

teores de Al e pH em níveis prejudiciais à cultura do crambe, os quais podem influenciar negativamente os resultados da produtividade, o estudo da variabilidade espacial dos atributos torna-se importante afim de avaliar a existência de correlação entre Al e produtividade, já que leva-se em consideração, variáveis regionalizadas.

A Tabela 2 apresenta os modelos teóricos ajustados que foram escolhidos através da validação cruzada.

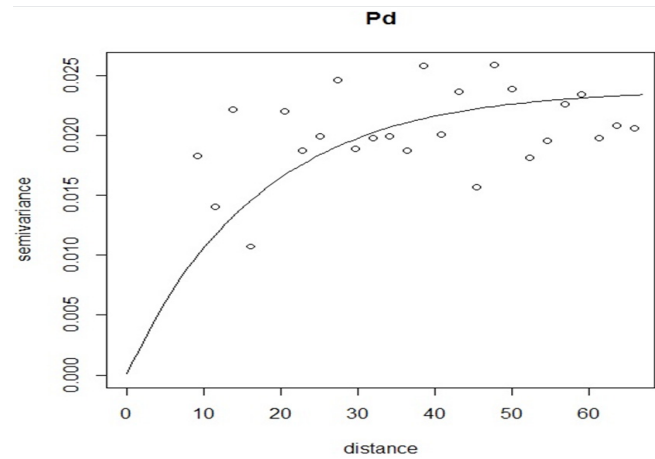
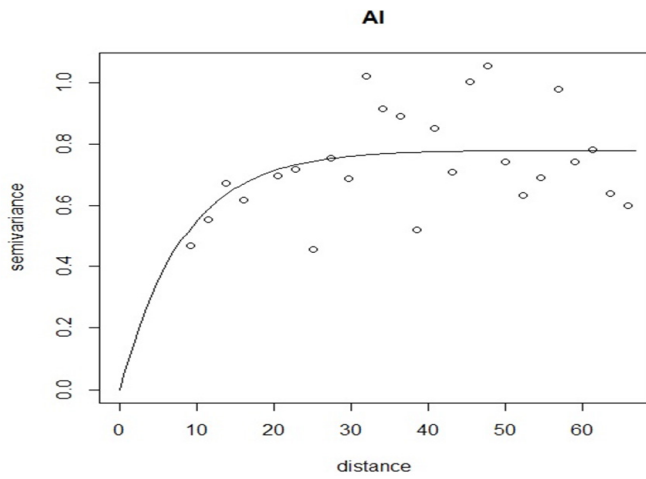
Tabela 2 – Modelos e métodos dos semivariogramas escolhidos através da validação cruzada*

Atributo	Modelo	Método
Al	Exp.	WLS
Pd	Exp.	OLS

*OLS: mínimos quadrados ordinários, WLS: mínimos quadrados ponderados Exp.: Exponencial, Est.: Estérneo.

O modelo exponencial (Exp.) e método dos mínimos quadrados ponderados (WLS) apresentaram os menores erros (EM, ER, SER e EA) para Al.

Já Pd apresentou os menores erros para o modelo exponencial (Exp.) e método dos mínimos quadrados ordinários (OLS).



Os semivariogramas ajustados e os mapas temáticos obtidos pela interpolação por krigagem ordinária das variáveis Al e Pd são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Semivariogramas de alumínio – Al e produtividade da cultura do crambe – Pd, escolhidos através da validação cruzada.

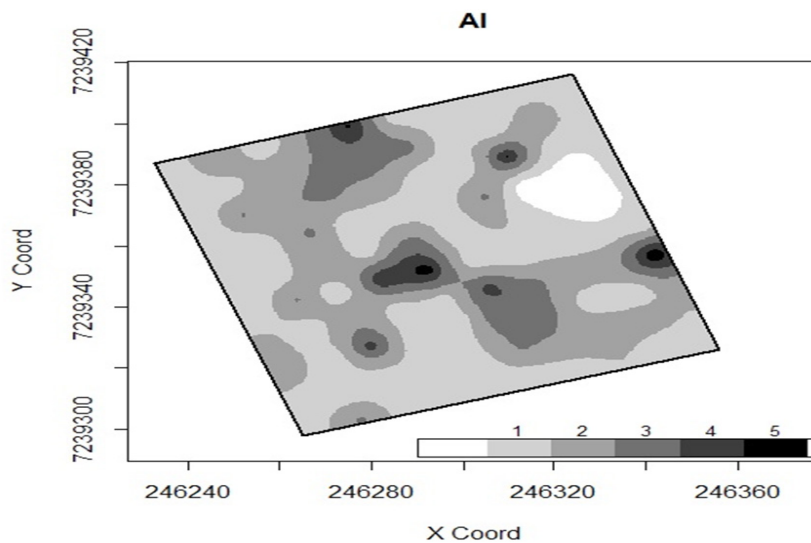
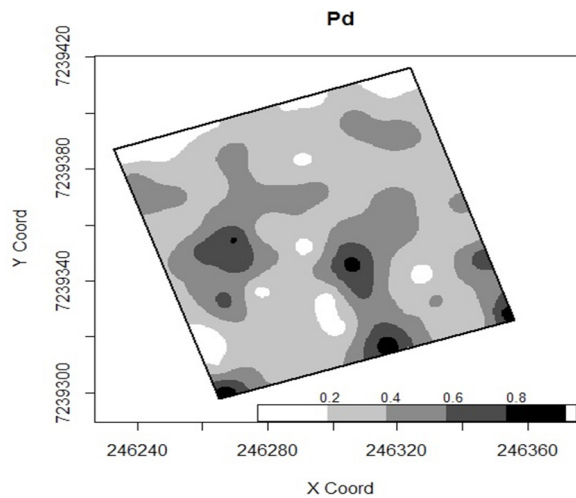


Figura 2. Mapas temáticos de alumínio – Al e produtividade da cultura do crambe – Pd (Mg ha⁻¹). Cores escuras representam valores maiores e cores claras valores menores. Y Coord: Norte e Sul (UTM); X Coord: Leste e Oeste (UTM).



Analisando a Figura 2, nota-se que regiões de $Al \geq 4$ corresponderam a regiões de $Pd \leq 0,4$ Mg ha⁻¹, já as regiões com os melhores índices de produtividade ($Pd \geq 0,6$ Mg ha⁻¹) corresponderam a regiões de $Al \leq 3$.

Percebe-se, visualmente, que em mesmas regiões de ambos os mapas não ocorreram níveis de classificação com características compatíveis ou significantes, tornando-se inviável uma comparação de mapas mais aprofundada, como por exemplo através de métodos matemáticos. Os resultados constatados estão de acordo com os obtidos por VIEIRA et al. (2012) em pesquisa de variabilidade espacial de atributos químicos, realizada em latossolo argiloso com mesmas características químicas das desta pesquisa, onde ocorreram níveis insignificantes de correlação entre pH, matéria orgânica, P e K com a produtividade da cultura do crambe.

Os níveis de pH e Al encontrados (5,05 e 1,75), são considerados críticos para esta cultura, uma vez que Jasper (2009) cita que o crambe se desenvolve melhor em solos com pH entre 6,0 e 7,0 e necessita de solos eutróficos e bem corrigidos para o seu cultivo (FUNDAÇÃO MS, 2011). Fato este que pode ter influenciado o resultado da pesquisa, uma vez que seria conveniente possuir níveis mais adequados de pH e Al para comparação com níveis mais críticos, verificando assim a correlação com os níveis de produtividade.

Conforme esclarece Mallarino et al. (1996), existem grandes dificuldades em interpretar mapas temáticos de variáveis analisadas em pesquisas correlacionando-as com a produtividade das culturas, haja visto que existem diversos fatores e variáveis que podem influenciar nos resultados de produtividade, sejam estes, a fertilidade do solo combinado com infestação de plantas daninhas,

baixo estande de plantas, presença de pragas e outros fatores que interferem na produtividade.

Neste sentido, torna-se necessário novas pesquisas buscando a análise, em conjunto, de todos os fatores que podem influenciar a produtividade da cultura do crambe.

4 CONCLUSÕES

- i. Não houve relação visual significativa entre os mapas temáticos de teores alumínio e produtividade da cultura do Crambe;
- ii. Os melhores índices de produtividade da pesquisa ($Pd \geq 0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) ocorreram em regiões de $Al \leq 3$.

REFERÊNCIAS

AMARO FILHO, Joaquim; NEGREIROS, Ronnie Fábio Delmiro de; ASSIS JUNIOR, Raimundo Nonato de; MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um latossolo vermelho em Mossoró, RN**. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2007, vol.31, n.3, pp. 415-422.

BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. **Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, p.923-928, 2001.

CUSTÓDIO, C.C.; BOMFIM, D.C.; SATURNINO, S. M.; MACHADO NETO, N.B. **Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 59, n.1, p.145-153, 2002.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A. da; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. **Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e**

produtividade da soja. Rev. Bras. Ciênc. Solo. v.32, n.2, p.463-476, 2008.

FUNDAÇÃO MS PARA PESQUISA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS. **Crambe FMS Brilhante. Crambe: uma opção rentável para sua safrrinha**. Maracaju – MS, 2011.

ISAACS, E.H.; SRISVASTAVA, R.M. **Na introduction to applied geostatistics**. 1989. New York, Oxford University Press, 560p.

KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study. A report for the rural industries research and development corporation**, RIRDC Publication No. W02/005, Kingston, 2002. 25p.

LIMA, Juliana Joice Pereira. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe (Crambe abyssinica Hochst)**. 2012. 75p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras - MG.

MALLARINO, A. P.; HINZ, P. N.; OYARZABEL, E. S. **Multivariate analysis as tool for interpreting relationships between site variables and crop yields**. In: International Conference on Precision Agriculture, 3., 1996, Minnesota. Proceedings. Madison: ASAE, 1996. pp. 151-158.

MASETTO, Tathiana E.; QUADROS, Josué B.; MOREIRA, Fernando H.; et al. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no Estado de Mato Grosso do Sul**. Rev. bras. ol. fibros., Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, set/dez. 2009.

MELLO J.M. de. **Geostatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (Esalq-USP), Piracicaba, SP.

MENDONÇA, R.J.; CAMBRAIA, J.; OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A. **Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n.7, p.843-846, 2003.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A. e SOUZA, E. G.. **Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem**

manejo químico localizado. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2003, vol.27, n.6, pp. 1149-1159.

OLIVEIRA, Itamar Pereira de; COSTA, Kátia Aparecida de Pinho; SANTOS, Klayto José Gonçalves dos; MOREIRA, Fábio Pires. **Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado**. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos. 2005, vol.1 n.1, pp. 1-12.

PILAU, Felipe Gustavo; BATTISTI, Rafael; SOMAVILLA, Lucindo e SCHWERZ, Luciano. **Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe**. Bragantia. 2011, vol.70, n.4, pp. 958-964.

PITOL, C. Cultura do Crambe. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno 2008**. Fundação MS, 2008.

R Development Core Team (2009). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) geoR: **A package for geostatistical analysis**. R-NEWS v.1, n.2.

BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe**. In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: crambe 2010. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, v. 1, p. 22-36, 2010.

SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. Porto Alegre, 1998. 109p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SILVA, P. S. M. da & CHAVES, L. H. G. **Avaliação da variabilidade espacial de atributos químicos de um solo do perímetro irrigado de Petrolina, PE**. Agropecuária Técnica, v.27, n.1, p.5-12, 2006.

SOUZA, Zigomar Menezes de; MARQUES JUNIOR, José; PEREIRA, Gener Tadeu e MOREIRA, Luis Fernando. **Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar**. Cienc. Rural. 2004, vol.34, n.6, pp. 1763-1771.

SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. **Soil tillage and**

precision agriculture: A theoretical case study for soil erosion control in Brazilian sugar cane production. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.61, n.1-2, p.47-54, 2001.

VARISCO, Marianne Rossetto; SIMONETTI, Ana Paula M. M. **Germinação de sementes de crambe sob influência de diferentes substratos e fotoperíodos**. Acta Iguazu, Cascavel, vol. 1, n. 2, p. 36-46, 2012.

VIEIRA, Maycon Daniel; SECCO, Deonir; VICENTE, Amarildo de; et al. **Spatial variability of chemical attributes on clayey Latosol related to crambe (Crambe abyssinica Hochst) grain yield**. Journal Food, Agriculture and Environment (JFAE), WFL Publisher, Finland, vol. 10, issue 3&4, pp. 1464-1467.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-344.

Artigo submetido: 14/06/2013

Artigo aceito: 23/05/2014