

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA E SUAS CORRELAÇÕES

ALEXANDRE DIAS GOMES¹
PAULO HENRIQUE LEOTERIO DOS SANTOS¹
JACKELINE MATOS DO NASCIMENTO¹
SÁVIO NAPOLEÃO SOARES ARCOVERDE²
MATEUS LUIZ SECRETTI³
EFRAIM GOMES DA COSTA¹

¹ UNIGRAN

² Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, Professor Visitante/Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola/UFGD

³ Coordenador e Professor de Agronomia no Centro Universitário da Grande Dourados – UNIGRAN

Autor para correspondência: savionapoleao@gmail.com

Resumo: A agricultura de precisão é uma ferramenta de gerenciamento em constante crescimento. Com o intuito de avaliar o efeito de 12 anos de agricultura de precisão sobre os atributos químicos de solo e sua correlação com a produtividade, foram realizadas de análises de geoestatísticas por meio de técnica de krigagem para estimar a variabilidade do talhão estudado no solo Latossolo vermelho-escuro de textura argilosa, além de correlacionar produtividade da soja com a disponibilidade de nutrientes. Foi constatado que houve baixa variabilidade de elementos químicos na camada de 0-20 cm, indicando que a disponibilidade desses nutrientes encontra-se em níveis adequados, porém na camada de 20-40 cm essa disponibilidade de nutrientes é mais restrita aumentando a variabilidade, mas não interferindo na produtividade da soja. O uso da agricultura de precisão e aplicações em taxa variável surtiu efeito quanto à redução na variabilidade espacial do solo, bem como no aumento de produtividade com uso racional de insumos agrícolas e impactos ambientais.

Termos para indexação: fertilidade, krigagem, geoprocessamento.

SPATIAL VARIABILITY OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF A SOIL AND SOYBEAN YIELD AND THEIR CORRELATIONS

Abstract: Precision agricultural is a constantly growing management tool. In order to evaluate the effect of 12 years of precision agriculture on the chemical attributes of the soil and its correlation with yield, geostatistical analyzes were carried out using the kriging technique to estimate the variability of the field studied in the Oxisol clay texture, in addition to correlating soybean yield with nutrient availability. It was found that there was low variability of chemical elements in the 0-20 cm layer, indicating that the availability of these nutrients is at adequate levels, however in the 20-40 cm layer this availability of nutrients is more restricted increasing the variability, but not interfering in soybean yield. The use of precision agriculture and variable

rate applications had an effect in terms of reducing spatial variability of the soil, as well as increasing yield with the rational use of agricultural inputs and environmental impacts.

Index terms: geostatistics, kriging, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial dos solos pode variar ao longo da paisagem em virtude da intensidade de seus fatores e processos de formação, assim como do manejo e das práticas agrícolas realizadas. Portanto, as características químicas do solo não variam ao acaso, mas de acordo com uma dependência espacial. A produtividade das culturas também apresenta variabilidade espacial, pois diversos fatores podem contribuir para esta variabilidade, entre eles estão características do solo. Esta variabilidade espacial pode ser mensurada através de técnicas de agricultura de precisão (AP) e amostragem, embasado na variabilidade existente na lavoura. Esta variabilidade é avaliada, quantificada e mapeada com objetivo de melhorar o manejo da propriedade (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Amostragem em grade é um dos métodos mais utilizados na agricultura para determinar a variabilidade, sendo um método simples onde o talhão é dividido em células virtuais através de programas específicos. É o método mais prático pois percorre linha reta ao longo da lavoura, o que garante maior facilidade e otimização na tarefa de coletar amostras de solo (MOLIN; CASTRO, 2008).

Uma das formas de se estimar a dependência espacial dos dados é através da geoestatística. Estimada através do semivariograma e o método de interpolação, denominada krigagem, usa esta técnica de dependência espacial entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo (VIEIRA et al., 2008).

Além disso, muitas vezes, duas propriedades correlacionam-se entre si e no espaço, sendo uma delas mais difícil de medir à campo ou ainda, sua determinação mais cara. A técnica de krigagem foi utilizada para estimar valores nos locais não amostrados por ser um estimador linear, a partir desses foram construídos mapas de padrões espaciais, que emprega os mesmos valores estimados por meio da técnica de krigagem para determinação e localização das isolinhas, dessa maneira, os mapas representam linhas bem definidas (SIQUEIRA et al., 2006).

Em busca de melhorias quanto à uniformidade de nutrientes no solo agricultores, pesquisadores e técnicos ligados à agricultura têm, por tempo, reconhecido que a produção das culturas não é uniforme no campo. Alguns locais apresentam produtividades mais baixas ou mais altas do que a média da área. Isso é uma situação real para culturas anuais e perenes. Tais variações reduzem a eficiência das práticas uniformes de manejo e o potencial produtivo da área.

Devido à grande variabilidade observada na produção de grãos, é importante, para a aplicação das tecnologias da agricultura de precisão, quantificar a estrutura espacial dessa variabilidade e, também, identificar no campo onde as baixas e altas produtividades estão localizadas. Se a variabilidade não apresenta espacial estrutura, ou seja, ela ocorre ao acaso em áreas muito pequenas, impossível de ser manejada, a melhor estimativa de qualquer parâmetro obtido dessa área é o valor médio ou a mediana e a melhor maneira de se manejá-la é utilizando

os conceitos da agricultura convencional, através do manejo uniforme (COELHO, 2005).

O estudo foi realizado com objetivo de avaliar os atributos químicos do solo em duas profundidades em uma área com 12 anos de agricultura de precisão e

correlacionar com a produtividade da soja com a finalidade de gerar mapas de atributos químicos do solo de acordo com a dependência espacial dos elementos estudados, associado a produtividade da soja.

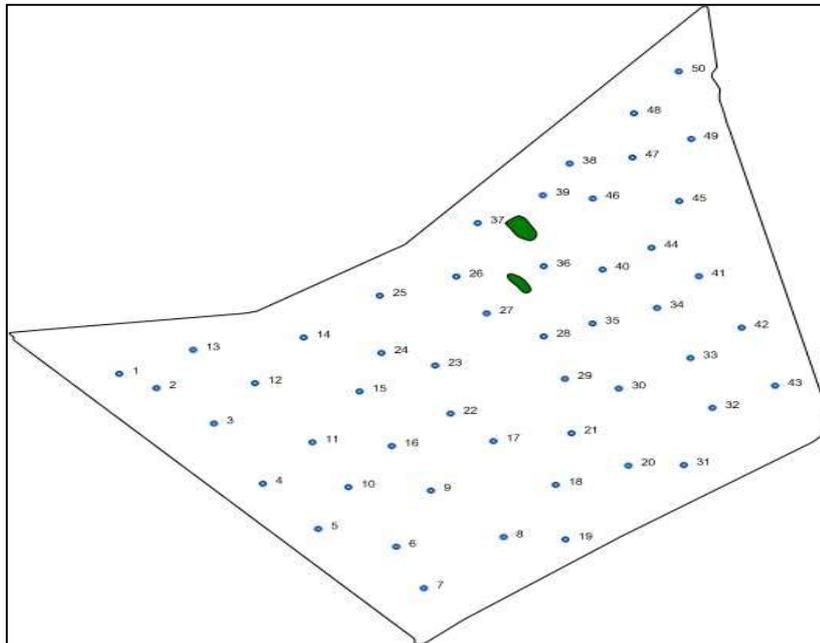
MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma lavoura de soja (*Glycine Max*), numa área de 245,36 hectares, localizado no Município de Maracaju/MS (21° 31' 38,75'' S; 55° 42' 38,37'' O). A região apresenta altitude média de 539 m, com topografia plana. A área é cultivada em plantio direto desde 2005 com culturas anuais (soja e milho) em sucessão. O solo da área de estudo pertence a classe Latossolo vermelho-escuro de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

A área para mapeamento foi realizada com o auxílio do GPS Trimble Juno georreferenciada com 50 pontos de amostragem irregular (Figura 1) constituída

de 6 sub amostras com o software Farm. A amostragem com grid irregular de acordo com o mapa de produtividade. A amostragem de solo foi realizada após a colheita da cultura da soja, na camada de 0 - 20 cm com pá de ponta e de 20-40 cm com trado de rosca, tomando-se seis subamostras. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas, posteriormente homogeneizadas e reembalados e identificados para envio ao laboratório para análise de solo. Foram determinados analiticamente valores de pH do solo, teores de P, K, H + Al, Ca e Mg através do método de resina.

Figura 1. Mapeamento do talhão 245,36 ha.



Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinadas as medidas estatísticas média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose e coeficiente de variação (CV).

A análise de dependência espacial foi realizada através da geoestatística com ajuste de modelos ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas, utilizando-se o programa GS+. A seleção dos modelos foi realizada com base no maior coeficiente de determinação (R²) e menor soma de quadrados do resíduo (SQR). Uma vez verificada a dependência espacial, realizou-se a krigagem para estimar valores em locais não amostrados, sem tendência e com variância mínima.

Foi calculado o índice de dependência espacial pela relação entre efeito Pepita (Co) e o patamar (Co + C1), conforme descrito por Cambardella et al. (1994).

Para a coleta dos dados de produtividade da soja foi utilizada colhedora modelo

STS9670, que possui sensores e sistema APEX para geração de mapa. Os dados coletados pelo sistema APEX foram interpolados pelo programa SGIS (sistema de informações geográficas de solo). A partir da interpolação de dados, foi feita krigagem e gerado mapas dos atributos químicos no programa SSToolBox.

A produtividade da soja foi analisada também através da estatística descritiva com valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV), no programa SGIS desenvolvido pela Topcon (2006). Neste programa também foi elaborado o mapa da produtividade da soja, com os quais procedeu-se à correlação de Pearson para correlacionar a produtividade com a disponibilidade de nutrientes no solo e se o mesmo é um fator de aumento de produtividade da cultura. As classes de interpretação adotadas para os atributos químicos foram de acordo com os trabalhos citados: Embrapa (2006), Alvarez et al.

(1999), Raij et al. (1996), Sousa e Lobato (2002), Lopes e Guidolin (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos atributos químicos do solo estão descritos na tabela 1, onde observou-se que, na camada de 0 - 20 cm de profundidade, os atributos químicos fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases, saturação

potássica, saturação por cálcio, saturação por magnésio e capacidade de troca catiônica, estão presentes no solo em níveis considerados adequados para a agricultura (EMBRAPA, 2006).

Tabela 1 - Resultados da estatística descritiva para os atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm para as variáveis pH em CaCl₂, P (mg dm⁻³), K (cmolc dm⁻³), Ca (cmolc dm⁻³), Mg (cmolc dm⁻³), Al (cmolc dm⁻³), SB (cmolc dm⁻³), CTC (cmolc dm⁻³), Saturação por bases - V%.

Atributos	Média	Desvio	Variância	Mínimo	Maximo	Assimetria	Curtose
pH(CaCl ₂)	5,53	0,268	0,0716	5,00	6,2	0,23	-0,27
Fósforo (P)	24,44	9,474	89,7616	3,00	45,00	0,15	-0,33
Potássio (K)	0,37	0,093	0,0086	0,20	0,60	0,10	-0,81
Cálcio (Ca)	7,52	2,772	5,1637	4,60	14,20	1,34	1,90
Magnésio (Mg)	2,17	0,732	0,5355	1,10	4,60	0,92	1,03
Soma de Base	10,08	2,931	8,5929	6,30	19,20	1,28	1,20
CTC	13,91	2,610	6,8122	10,30	21,70	1,23	1,05
V%	71,44	7,783	60,5779	56,00	88,00	0,05	-0,38

Na camada de 20 - 40 cm de profundidade (Tabela 2), os níveis de cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação de bases encontram-se em níveis adequados. Para os valores de mínimo e máximo observou-se que existem locais com teores considerados limitantes para a capacidade da produtividade da cultura da soja, como é

o caso dos atributos na camada de 20 - 40 cm de profundidade. O pH é um dos fatores mais importantes e está associado a acidez do solo, pois está diretamente relacionado com a disponibilidade dos nutrientes, que em níveis inadequados de pH afetam de forma negativa a produtividade (NOVAIS et al., 2007).

Tabela 2 - Resultados da estatística descritiva para os atributos químicos do solo na camada de 20-40 cm para as variáveis pH em CaCl₂, P (mg dm⁻³), K (cmolc dm⁻³), Ca (cmolc dm⁻³), Mg (cmolc dm⁻³), Al (cmolc dm⁻³), SB (cmolc dm⁻³), CTC (cmolc dm⁻³), Saturação por bases - V%.

Atributos	Média	Desvio	Variância	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
pH(CaCl ₂)	4,81	0,24	0,0585	4,4	5,50	0,49	-0,26
Fósforo (P)	3,94	1,71	2,9147	2,00	8,00	1,46	0,93
Potássio (K)	0,08	0,02	0,0008	0,04	0,18	1,36	2,56
Cálcio (Ca)	2,68	0,98	0,9638	1,40	4,70	0,73	-0,66
Magnésio (Mg)	0,87	0,44	0,1983	0,30	2,40	1,29	1,62
Alumínio (Al)	0,53	0,38	0,1474	0	1,20	-0,22	-0,21

Soma de Base	3,64	1,38	1,8971	2,00	6,70	0,86	-0,39
CTC	8,79	1,06	1,1268	6,80	12,10	0,69	0,66
V%	40,26	10,83	117,4208	23,00	62,00	0,45	-0,84

Devido ao pH estar baixo na camada de 20 – 40 cm, a correção da acidez superficial e subsuperficial do solo é necessário para promover maior eficiência da absorção da água e nutrientes pelas plantas (NOVAIS et al., 2007).

Os altos valores de variância para (m%) e (P), na camada de 20 - 40 cm de profundidade, demonstra que para fósforo a dificuldade na adubação fosfatada sofre interferência de vários fatores inclusive pelo teor de argila conforme citado no trabalho de Potrich (2012), para o (V%) o CV apresentou-se alto para as duas profundidades, como esperado, já que os valores variaram bastante de ponto a ponto, porém não interferindo na produtividade da soja. Valores altos de CV para saturação de alumínio também foram encontrados por Dalchiavon et al. (2012) em situação semelhante de coleta. De acordo com Zanão Júnior; Lana e Guimarães (2007), a redução da m% na superfície do solo em plantio

direto pode estar relacionada à complexação orgânica do alumínio trocável por compostos solúveis presentes nos restos vegetais mantidos na superfície do solo.

A porcentagem de saturação por alumínio é também um bom indicador da acidez do solo e seus efeitos sobre as plantas. O pH acima de 5,4, propicia níveis de Saturação por alumínio inferiores a 10% na camada de 0 - 15 cm de profundidade (NOVAIS et al., 2007).

Quanto à análise geoestatística das variáveis estudadas, os modelos de semivariograma ajustados foram o esférico, exponencial e linear. Observa-se que a maioria dos atributos químicos do solo apresentaram baixos valores de efeito pepita (C0), tendo variação de 0,1 para fósforo (P) na camada de 0 - 20 cm de profundidade e 108,65 para m% na camada de 20 – 40 cm de profundidade, as demais variáveis estudadas tiveram um C0 baixo/médio (tabela 3).

Tabela 3 - Resultados da Geoestatística para os atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm: pH em CaCl₂, P (mg dm⁻³), K (cmolc dm⁻³) Ca (cmolc dm⁻³), Mg (cmolc dm⁻³), Al (cmolc dm⁻³), SB (cmolc dm⁻³), CTC (cmolc dm⁻³), Saturação por bases - V%.

Atributos	Modelo	Alcance (m)	Co	Co+C	RSS	R ²	GDE
pH (CaCl ₂)	Exp.	4617	0,052	0,109	0,0006	0,631	Forte
Fósforo (P)	Esf.	252	0,1	85,64	614	0,042	Forte
Potássio (K)	Exp.	396	0,0001	0,008	0,00009	0,688	Forte
Cálcio (Ca)	Exp.	5607	3,03	9,069	2,96	0,952	Moderado
Magnésio (Mg)	Exp.	4566	0,418	0,845	0,0039	0,289	Moderado
Soma de Base	Exp.	6330	3,520	16,099	8,67	0,417	Forte
CTC	Exp.	5619	4,010	12,029	7,01	0,383	Forte
V%	Exp.	5466	46	105,67	142	0,624	Moderada

Co = Efeito Pepita, Co+C = Patamar, RSS = Soma do quadrado do resíduo, R² = Coeficiente de determinação, GDE = Grau de dependência espacial.

O alcance (Tabela 4) variou de 197 para K% e 5619 para V%, na camada de 0 – 20 cm de profundidade. Quanto ao índice ou grau de dependência Espacial (GDE),

proposto por Cambardella et al. (1994), observou-se que, com exceção de Saturação por alumínio que se considerou o (GDE) fraca na camada de 20 - 40 cm de

profundidade (Tabela 4), V%, K%, Mg e Ca na camada de 0 – 20 cm de profundidade e Mg%, P na camada de 20 – 40 cm de profundidade foram consideradas como

moderada, os demais elementos estudados se encontraram a nível de dependência espacial forte.

Tabela 4 - Resultados da Geoestatística para os atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm: pH em CaCl₂, P (mg dm⁻³), K (cmolc dm⁻³) Ca (cmolc dm⁻³), Mg (cmolc dm⁻³), Al (cmolc dm⁻³), SB (cmolc dm⁻³), CTC (cmolc dm⁻³), Saturação por bases - V%.

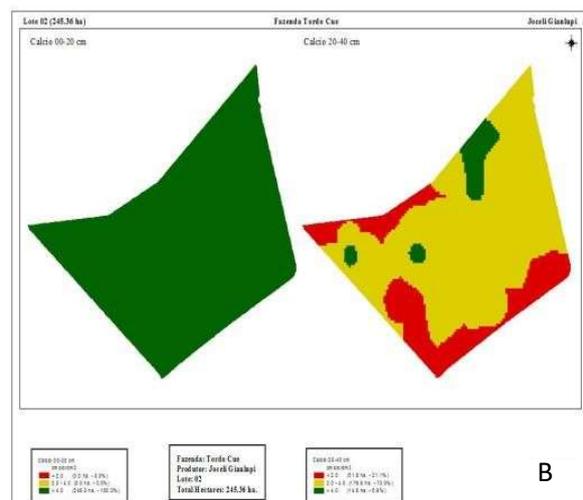
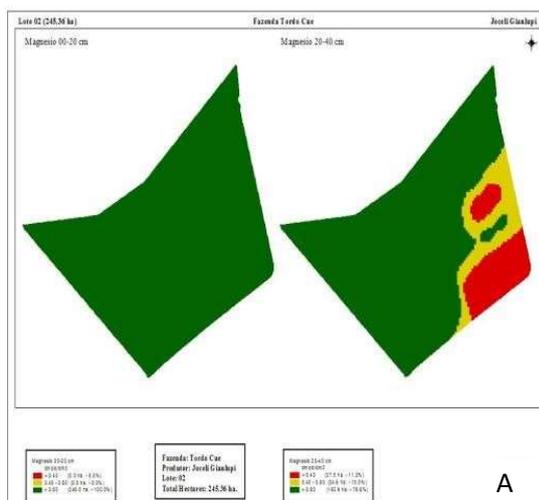
Atributos	Modelo	Alcance (m)	Co	Co+C	RSS	R ²	GDE
pH (CaCl ₂)	Exp.	306	0,054	0,6060	0,0001	0,300	Forte
Fósforo (P)	Exp.	6330	2,006	4,968	1,29	0,281	Moderado
Potássio (K)	Esf.	288	0,00001	0,0007	0,00006	0,159	Forte
Cálcio (Ca)	Exp.	291	0,0280	0,934	0,0363	0,205	Forte
Magnésio (Mg)	Exp.	447	0,029	0,214	0,0408	0,231	Forte
Alumínio (Al)	Linear	240	0,0001	0,1446	0,00136	0,001	Forte
Soma de Base	Exp.	333	0,143	1,927	0,158	0,267	Forte
CTC	Exp.	363	0,082	1,134	0,118	0,162	Forte
V%	Exp.	336	8,20	118,80	305	0,447	Forte

Co = Efeito Pepita, Co+C = Patamar, RSS = Soma do quadrado do resíduo, R² = Coeficiente de determinação, GDE = Grau de dependência espacial.

Os valores encontrados podem ser utilizados para classificar o GDE do atributo estudado em: forte se < 25%; moderada entre 25 a 75%; e fraca se > 75%.

Através da agricultura de precisão, análises químicas e análises geoestatísticas

foi possível gerar mapas de acordo com a dependência espacial facilitando o manejo de lavouras e aplicações em taxa variável (Figura 2).



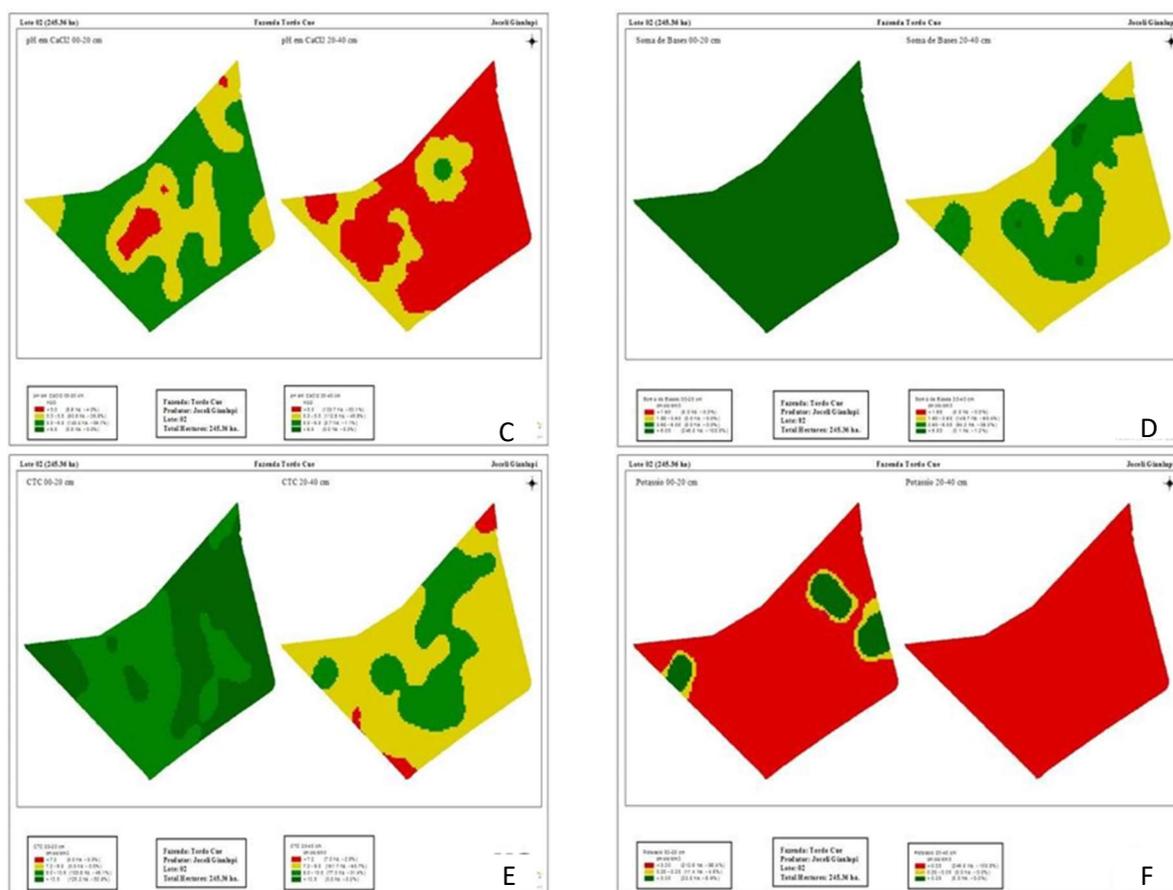


Figura 2. Mapas interpolados por krigagem para os atributos químicos do solo na camada de 0-20 e 20 - 40 cm de profundidade: A. Magnésio (cmolc dm⁻³), B. Cálcio (cmolc dm⁻³), C. pH em CaCl₂, D. Soma de bases (cmolc dm⁻³), E. CTC (cmolc dm⁻³), F. Potássio (cmolc dm⁻³).

Observou-se que a cultura da soja apresentou média de produtividade de 5008,66 kg ha⁻¹, ou seja, 83 sc ha⁻¹. Verifica-se também um baixo CV entre os

dados, apresentando valores entre a produtividade mínima de 3340,0 kg ha⁻¹ e máxima de 6230 kg ha⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5 - Estatística descritiva da produtividade da soja.

Variável	Média	Variância	Desvio	CV	Mínimo	Máximo	Assimetria	rtose
Produtividade	5008,66	249043,9	499,04	9,96	3340,0	6230,6	-0,52	4,53

Como a estimativa da produtividade média que uma lavoura produz já não é suficiente quando se pensa em AP, o mapeamento da produtividade passa a ser uma ferramenta essencial para essa finalidade (MOLIN; CASTRO, 2008), uma vez que os mapas de produtividade são

considerados como a alternativa mais completa para descrever a variabilidade espacial das lavouras (MOLIN, 2002). Sendo assim, elaborou-se o mapa de distribuição espacial da produtividade da cultura (Figura 3).

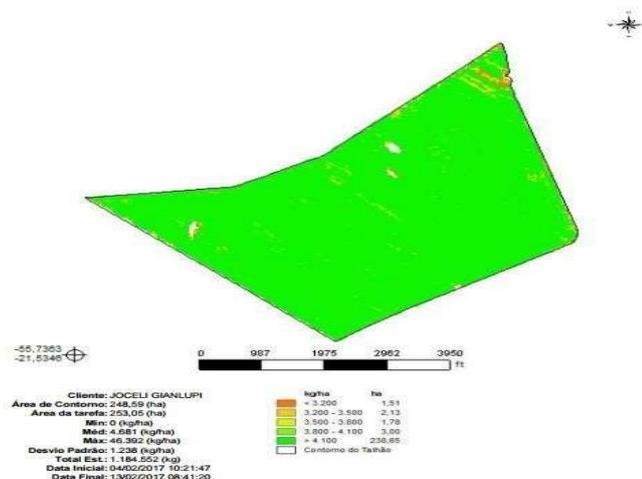


Figura 3. Mapa da produtividade da soja.

Observou-se que houve correlação significativa entre a produtividade da soja com a maioria dos atributos avaliados na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 6), camada onde há maior exploração radicular conforme descreve Fernandes (2006). Não houve correlação entre produtividade e atributos na camada de 20 - 40 cm. Conforme descrito na lei do mínimo que o desenvolvimento de uma planta será limitado por aquele nutriente

em falta no solo, mesmo que os outros nutrientes estejam em níveis adequados (NOVAIS et al., 2007).

O coeficiente de correlação (p) pode ser avaliado qualitativamente (CALLEGARI, 2009): se $0,00 < p < 0,30$, existe fraca correlação linear; se $0,30 \leq p < 0,60$, existe moderada correlação linear; se $0,60 \leq p < 0,90$, existe forte correlação linear; se $0,90 \leq p < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre produtividade e atributos químicos de solo coletados nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em Maracaju – MS.

atributos químicos	correlação (0-20 cm)	Significância (0-20 cm)	correlação (20-40 cm)	Significância (20-40 cm)
PHACL	-0.2855	0.0222 *	-0.0002	0.5000ns
MO	0.0257	0.4298 ns	0.1093	0.2249ns
P	-0.1680	0.1218 ns	0.0183	0.4498ns
K	-0.0844	0.2800 ns	0.1577	0.1370ns
CA	-0.3524	0.0060 **	0.1077	0.2284ns
MG	-0.2686	0.0296 *	0.1422	0.1623ns
SB	-0.3431	0.0074 **	0.0771	0.0736ns
CTC	-0.2974	0.0180 *	0.1267	0.3437ns
V	-0.3722	0.0039 **	0.2080	0.0736ns

*Significativo a 5% ** Significativo a 1% ns= não significativo.

CONCLUSÕES

O uso de agricultura de precisão na área por 12 anos proporcionou homogeneidade na área, conseqüentemente, os nutrientes presentes no solo na camada de 0 - 20 cm de profundidade, apresentaram correlação com a produtividade, sendo

considerados ideais para a cultura da soja. Alguns nutrientes na camada de 20 – 40 cm de profundidade se encontram em níveis abaixo do ideal, porém não interferiram a produtividade da cultura da soja.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário da Grande Dourados (Unigran) e à MS Integração.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. E. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, 58:1501-1511. 1994.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. de P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, 43:453-461. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região Central do Brasil - 2007**. Londrina, PR: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

FERNANDES, M.S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

LOPES, A. S.; GUIDOLIN, J. A. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. São Paulo, SP: ANDA, 1989.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, 22:83-92. 2002.

MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. D. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. **Scientia Agrícola**, 65:567-573. 2008.

MOLIN, P. J.; AMARAL, R. L.; COLAÇO, F. A. **Agricultura de precisão**, São Paulo: oficina de texto, 2015.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

POTRICH, D. C. **Variabilidade espacial de atributos do solo e correlação com a produtividade da cultura da soja**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Dourados, 2012.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. **Interpretação de resultados de análise de solo**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1996. p.8-13.

SIQUEIRA, G. M. **Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo-IAC, Campinas, 2006.

SOUSA, D. M. G. S.; LOBATO, E. Cerrado, correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2002.

TOPCON, **sistema de informações geográficas de solo**. *Topcon global gateway*, 2006. Disponível em: <http://global.topcon.com>

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A.; GREGO, C. R. Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana de açúcar**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo, 2008. p. 839-852.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num latossolo vermelho sob semeadura direta. **Revista Ciência Rural**, 37:1000-1007. 2007.