

## DIFERENTES MALHAS AMOSTRAIS UTILIZADAS NA CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS DE CERRADO BRASILEIRO

JACKELINE MATOS DO NASCIMENTO<sup>1</sup>, MATEUS LUIZ SECRETTI<sup>2</sup>, CAIO MARSURA DE MELO<sup>3</sup> e LUAN ASSOLA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dra. em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS, jackeline.nascimento@unigran.br;

<sup>2</sup>Dr. em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS, mateus.secretti@unigran.br.

<sup>3</sup>Estudante de agronomia, UNIGRAN, Dourados-MS, caio\_marsura@hotmail.com

<sup>4</sup>Estudante de agronomia, UNIGRAN, Dourados-MS, luanassola1@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** Na agricultura de precisão uma das ferramentas mais importantes a ser definida é a grade amostral, sendo objetivo do trabalho comparar três densidades amostrais e a dependência espacial de cada uma delas. A área experimental possui 80 hectares, as grades testadas foi de um ponto por hectare, um ponto a cada dois hectares e um ponto a cada três hectares. A variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos quando ocorreu a redução no número de amostras reduziu também a dependência espacial entre elas. A dependência espacial nas três malhas foi classificada entre forte e moderada, exceto para MO e pH que na malha amostral de 4 hectares foram independentes. A CTC e acidez potencial (H+Al) obtiveram correlação negativa com o NDVI. Na correlação entre os atributos físicos e o NDVI, areia e o silte obtiveram valores negativos enquanto com o aumento no teor de argila proporcionou também maiores valores de índice de vegetação (NDVI), tendo uma correlação positiva entre eles.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotecnologias, capacidade de uso dos solos, NDVI, Glycine max.

### DIFFERENT SAMPLES USED IN THE CHARACTERIZATION OF CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOILS IN THE BRAZILIAN CERRADO

**ABSTRACT:** In precision agriculture, one of the most important tools to be defined is the sampling grid. The objective of this work is to compare three sampling densities and the spatial dependence of each one of them. The experimental area has 80 hectares, the grids tested were one point per hectare, one point every two hectares and one point every three hectares. The spatial variability of chemical and physical attributes when the number of samples was reduced also reduced the spatial dependence between them. The spatial dependence in the three grids was classified between strong and moderate, except for OM and pH, which in the 4-hectare sampling grid were independent. CTC and potential acidity (H+Al) were negatively correlated with NDVI. In the correlation between the physical attributes and the NDVI, sand and silt obtained negative values while with the increase in the clay content it also provided higher values of vegetation index (NDVI), having a positive correlation between them.

**KEYWORDS:** Geotechnology, land use capacity, land use restrictions, pedological aptitud.

### INTRODUÇÃO

Um dos fatores que interferem na produtividade das culturas é o solo, sendo um meio formado por componentes químicos, físicos e biológicos, sob influência das condições climáticas e das práticas de manejo adotadas (VARASCHINI, 2012). O manejo interfere diretamente nos componentes do solo nos permitindo entender a evolução da fertilidade explicando os índices crescentes de produtividade obtidos nos últimos anos. Uma das ferramentas para a caracterização do solo em seu sistema de produção é a agricultura de precisão.

O sistema de agricultura de precisão implica a análise da variabilidade espacial, sendo caracterizado pelas etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação, aplicação de insumos a

taxa variada e a avaliação econômica e ambiental dos resultados, coletar dados significa quantificar a variabilidade existente e identificar sua localização no campo, tanto na produtividade dos cultivos como nos fatores que influenciam na produção. Os dados obtidos são processados e plotados em mapas (MOLIN, 2002). A partir daí, buscam-se as relações de causa e efeito entre a produção e os fatores, propõem-se estratégias de gerenciamento e faz-se a aplicação localizada dos insumos e das práticas, visando à correção das anormalidades verificadas (BARBIERI et al., 2008).

A definição do tamanho da malha amostral é dependente da variabilidade espacial da variável em estudo, sendo que, quanto maior for essa variabilidade, mais amostras devem ser coletadas (malhas amostrais menores) para melhor representar a distribuição espacial da variável investigada na área. Quanto maior o nível de detalhamento amostral dos atributos químicos do solo maior também a precisão dos mapas gerados representando mais fortemente a realidade encontrada a campo; no entanto, o custo e o trabalho com amostragens intensas podem ser fatores limitantes (KNOB, 2006).

Uma outra ferramenta utilizada em agricultura de precisão é o NDVI (índice de vegetação normalizada), sendo muito utilizado para monitoramento de vegetação agrícola, por apresentar forte correlação linear com o crescimento das culturas. A simples razão entre o NIR e o canal vermelho fornece uma alta correlação com o desenvolvimento das plantas e com seus estágios de crescimento, sendo esse um dos primeiros índices vegetativos estudados (LIU, 2006).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar diferentes densidades de amostrais (quantidade de pontos coletados por hectare) e na caracterização da variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo e analisar a confiabilidade dos dados obtidos entre elas através da validação cruzada as malhas amostrais (autocorrelação), além de correlacionar com NDVI.

## MATERIAL E MÉTODOS

A instalação do experimento foi realizada no Sítio Coqueiro, localizado no município de Itaporã – MS, com coordenadas geográficas de latitude 22° 00'33.42''S e longitude 54°68'43.34''W. O clima da região é classificado como Am, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES, 2013), onde se apresenta estação chuvosa no verão e estação seca no inverno, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C. As precipitações médias anuais estão entre 1500 a 1700 mm e temperatura média anual de 22,3°C.

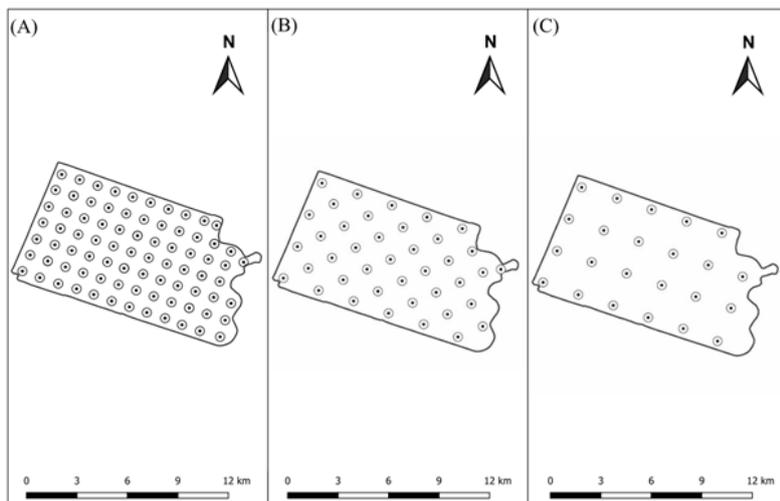
A propriedade é cultivada há 20 anos com sistema de semeadura direta com sucessão soja/milho safrinha. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico e textura argilosa (57,23% argila, 20,67% areia e 22,10% silte. A altitude média em relação ao nível do mar é de 315 metros.

As coletas foram realizadas no dia 30 de setembro de 2021 num talhão de 80 hectares para o mapeamento dos atributos químicos e físicos do solo. O aparelho que utilizado é um receptor GPS TRIMBLE modelo YUMA 2, com precisão de 2 metros. Para a confecção da malha amostral e navegação para os pontos amostrais, foi realizada pelo Software FarmWorks Mobile versão 16.1. Na coleta de solo foi utilizado um quadriciclo HONDA, modelo FOURTRAX 420cc, equipado com amostrador de solo automatizado SACI, coletando amostras de solo em profundidades de 0 a 20 centímetros.

Cada ponto amostral foi coletado 10 sub amostras de 0 a 20 centímetros, sendo homogeneizado e embalado em saco plástico com etiqueta numérica para identificação dos pontos amostrais. As sub amostras foram coletadas em um raio de 5 metros do ponto georreferenciado, em formato de círculo a partir ponto central, (o amostrador de solo SACI utiliza uma broca helicoidal de uma polegada de diâmetro acoplada ao equipamento, onde a mesma perfura o solo a uma profundidade de 20 centímetros e deposita o solo em um reservatório específico, após os 10 pontos coletados retira-se esse reservatório e deposita esse solo dentro do saco plástico de coleta).

Os tratamentos foram três diferentes grades amostrais realizadas, a primeira grade amostral foi de 1 ponto por hectare, totalizando 80 pontos georreferenciados (distância entre pontos de 100 metros), partindo da grade com 80 pontos, foram geradas novas malhas amostrais com 40 pontos (1 ponto a cada 2 hectares) e 23 pontos (1 ponto a cada 4 hectares).

Figura 1. Distribuição das amostras de solo em 3 malhas amostrais. (A) malha amostral de 1 ha, (B) malha amostral de 2 ha, (C) malha amostral de 4 ha.



As avaliações do experimento foram os atributos químicos e físicos em resolução da grade amostral, após a coleta das amostras, as mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao laboratório para a avaliação de atributos químicos e físicos, seguindo as recomendações da EMBRAPA (1997), sendo eles cálcio, magnésio, potássio, alumínio, CTC, saturação por bases ( $V = ((SB/CTC) \times 100)$ ), matéria orgânica, fósforo, pH em  $CaCl_2$ , acidez potencial ( $H^{++}Al^{+3}$ ). Os atributos físicos avaliados foram argila ( $g\ kg^{-1}$ ), silte ( $g\ kg^{-1}$ ), areia ( $g\ kg^{-1}$ ).

Aos 40 dias após a emergência na área foi realizada a análise das imagens de satélite (NDVI). Os mapas foram construídos por séries temporais NDVI a partir da banda vermelha e infravermelho próximo proveniente do satélite Sentinel (USGS, 2022).

As bandas espectrais utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação NDVI foram as bandas vermelha (Red) e infravermelha próxima (NIR), utilizando a fórmula descrita por (ROUSE et al., 1974). Para cada satélite existem bandas de cores, no caso do satélite Sentinel são as Bandas 4 (RED) e 8 (NIR).

Os resultados obtidos foram inseridos no Software SSTOOLBOX 4.0 para a geração dos mapas temáticos de atributos químicos e físicos do solo. Para obtenção dos dados de semivariância foi utilizado o Software QGIS (QGIS, 2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três malhas o modelo mais acertado foi o linear, a escolha do melhor modelo depende do  $R^2$  e RSS, com a função informar sobre a qualidade do modelo. O  $R^2$  é a relação entre a soma de quadrados devido ao modelo ajustado e a soma de quadrados total, medindo a variação dos dados devido ao modelo ajustado em relação à variação total dos dados e quanto mais próximo da unidade estiver o valor de  $R^2$  melhor será o modelo ajustado, a dependência espacial nas três malhas se mostrou entre forte e moderada, exceto MO na primeira malha e pH na terceira malha, que foram classificados como independentes, Os atributos físicos do solo obtiveram resultados de forte dependência espacial independente da malha amostral utilizada. Pode-se inferir que a área de estudo é homogênea em relação a atributos físicos do solo. Entretanto, observa-se que para atributos químicos do solo, Mg, V% e pH, reduziram a sua dependência espacial à medida que foi reduzido o número de pontos e aumentado a distância entre eles. Outra característica semelhante observada foi à redução da malha amostral mantendo o índice de dependência espacial dos atributos químicos entre forte e moderado (LEANDRO JUNIOR et al., 2020).

O NDVI mede o estado e a saúde das culturas e o vigor das colheitas. Este índice de vegetação é um indicador de verde e tem forte correlação com a biomassa verde, o que é um indicativo de crescimento, seus valores têm alta correlação com o rendimento das culturas, sendo utilizado como ferramenta para medir a produtividade das culturas e prever rendimentos futuros (FORMAGGIO & SANCHES, 2017).

A correlação entre os atributos químicos avaliados, apenas CTC e Acidez potencial (H+Al) obtiveram significância, sendo negativa e moderada na malha de 1 e 2 hectares para CTC e na malha de 1 hectare a correlação do NDVI e acidez potencial é fraca, ou seja, quanto maior o teor de acidez potencial e CTC, menor o índice de vegetação (Tabela 1).

Tabela 2 – Parâmetros relacionados a geoestatística dos atributos químicos e físicos do solo nas malhas de 1, 2 4 pontos por hectare e a correlação significativa com NDVI .

Um ponto por hectare								
Variável	Modelo	Co <sup>1</sup>	Co+C <sup>2</sup>	A <sup>3</sup> (m)	R <sup>2</sup> (4)	RSS <sup>5</sup>	Correl. NDVI	IDE
Ca	Linear	41,573	197,999	641,421	0,992	117,803	-0,31**	Forte
CTC	Linear	65,433	227,193	474,489	0,925	2627,016	-0,37**	Mod.
P	Linear	135,764	165,169	598,711	0,246	2064,889	-0,24*	Fraca
Silte	Linear	118,225	1491,717	478,604	0,965	37480,260	-0,23*	Forte
Areia	Linear	0,000	1294,881	483,581	0,973	67451,074	-0,53**	Forte
Argila	Gaussian	456,683	5648,078	987,176	0,996	76702,603	0,43**	Forte
H+Al	Linear	65,563	96,992	620,302	0,821	129,192	-0,25**	Mod.
Um ponto a cada 2 hectares								
CTC	Linear	57,609	286,727	711,874	0,899	2196,864	-0,39**	Forte
Areia	Linear	0,000	1745,825	671,905	0,980	28266,732	-0,51*	Forte
Argila	Gaussian	318,876	5283,766	639,859	0,995	53472,020	0,42**	Forte
H+Al	Linear	69,705	142,264	711,874	0,926	157,453	-0,31*	Mod.
Um ponto a cada 4 hectares								
Areia	Linear	0,000	1281,844	511,129	0,986	4033,876	-0,46*	Forte

<sup>1</sup>Co=efeito pepita. <sup>2</sup>Co+C= patamar. <sup>3</sup>A=alcance. <sup>4</sup>R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação. RSS<sup>5</sup>= a soma dos quadrados dos erros, IDE<sup>6</sup>= índice de dependência espacial, \*Significativo<sup>7</sup> a 5%, \*\*Significativo<sup>8</sup> a 1%, ns<sup>9</sup>= não significativo.

Apenas na malha com maior densidade amostral houve correlação negativa entre NDVI e teores de Ca e P no solo. Outros trabalhos em solos de cerrado constataram a correlação negativa com o Ca, CTC e H+Al (SANTOS et al., 2017). A correlação entre NDVI de soja e atributos químicos foram avaliados na safra 2019/20 em solo com características semelhantes, no qual constatou-se a correlação negativa com Ca, Mg e CTC (GOMES et al., 2021).

Para os atributos físicos nas três malhas amostrais houve correlação negativa e moderada entre o teor de areia e NDVI, ou seja, quanto menor o teor de areia maior o índice de vegetação. Para o teor de silte no solo houve correlação significativa negativa e moderada apenas na malha de 1 hectare. A correlação entre teor de argila foi significativa positiva e classificada como moderada nas malhas de 1 e 2 hectares, com o aumento do teor de argila no solo há um aumento no índice de vegetação. Caon et al. (2013) constataram que a diminuição da densidade amostral diminui também a qualidade amostral e a exatidão dos mapas a níveis não desejados na agricultura de precisão.

## CONCLUSÕES

Há uma redução na dependência espacial dos atributos químicos e físicos do solo à medida em que há uma redução no número de amostras.

A dependência espacial nas três malhas está entre forte e moderada, exceto MO na primeira malha e pH na terceira malha, que tiveram efeito pepita puro.

A CTC do solo tem correlação negativa com NDVI em todas as malhas amostrais. A correlação entre acidez potencial e NDVI foi negativa nas malhas de 1 hectare e 2 hectares.

A correlação entre teor de argila e NDVI foi positiva e moderada nas malhas de 1 e 2 hectares, enquanto teores de areia e silte foi negativa e moderada.

## AGRADECIMENTOS

As empresas Projepora e Unigran pelo apoio a pesquisa

## REFERÊNCIAS

- Araújo, A. E. de; Amorim Neto, M. da S.; Beltrão, N. E. de M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, v.4, n.2, p.103-110, 2000.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Goncalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- Barbieri, D. M.; Marques Jr, J.; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 28, p. 645-653, 2008.
- EMBRAPA. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217698/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>>. Acesso em: 22 Fev. 2022.
- Formagio, A. R., Sanches, I. D. Sensoriamento Remoto em agricultura. *Câmara Brasileira do Livro. São Paulo*, v. 1, n. 1, p. 288, 2017.
- Gomes, A. D.; Santos, P. H. L., Nascimento, J. M., Arcorverde, S. N. S., Secretti, M. L., Costa, E. G. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade da soja e suas correlações. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, v. 18, n. 2, p. 1-11, 2021.
- Knob, M. J. Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades. Santa Maria, 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria.
- Leandro JR, E. F., Cunha, R. M. C., Nascimento, J. M., Arcorverde, S. N. S., Secretti, M. L. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo a partir de diferentes malhas amostrais em duas safras agrícolas. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 1, p. 01-09, 2020.
- Liu, W.T.H. Aplicações em Sensoriamento Remoto. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908 p.
- Molin, J.P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, ed.3, 2002, Piracicaba. *Anais[...]*. Piracicaba: POTAFOS, 2002.
- Santos, R. O.; Franco, L. B.; Silva, S. A.; Sodre, G. A.; Menezes, A. A. Variabilidade especial da fertilidade do solo e sua relação com a produtividade do cacauzeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB*, v. 21, n. 2, p.88-93, 2017.
- USGS. Science for a changing world. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 Fev. 2022.
- Varaschini, A.A.C. Avaliação da fertilidade do solo na Agricultura de Precisão. Departamento de Estudos Agrários, 2012. 55p.