

Análise da variabilidade espacial dos macronutrientes cálcio, fósforo e potássio

Leonardo Pereira Zanella¹ e Helton Aparecido Rosa²

Resumo: O estudo da variabilidade espacial permite ao produtor o conhecimento sobre os níveis dos atributos químicos presentes no solo, bem como identifica a necessidade de correções. De todos os atributos químicos avaliados no solo do sistema de plantio direto com rotação de culturas, visa-se quantificar os níveis de macronutrientes cálcio, potássio e fósforo a partir da leitura da distribuição espacial, para determinar o comportamento dos conjuntos químicos e determinar o nível de intervenção necessária. O presente trabalho objetivou identificar a distribuição espacial dos macronutrientes cálcio, potássio e fósforo em propriedade agrícola no município de Palotina, Paraná para auxiliar o agricultor na tomada de decisões quanto o manejo e correção do solo. Para tanto, foram coletadas 16 amostras de solo, com distância de 50 m e profundidade de 0,00 - 0,20 m. Os atributos são analisados por meio de estatística descritiva obtendo-se as medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose). Os modelos foram estruturados com método de interpolação krigagem, por meio do software Surfer 10®. Conclui-se que os níveis de presença dos macronutrientes avaliados variaram entre médios e altos, não indicando a carência dos mesmos.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, Macronutrientes, Correção.

Analysis of the Spatial variability of calcium, phosphorus and potassium

Abstract: The study of spatial variability allows the producer to know the levels of the chemical attributes present in the soil, as well as identifies the need for corrections. Of all the chemical attributes evaluated in the soil of the no-tillage system with crop rotation, it is aimed to quantify the levels of macronutrients calcium, potassium and phosphorus from the spatial distribution, to determine the behavior of the chemical assemblages and determine the level necessary intervention. The present work aims to identify the spatial distribution of the macronutrients calcium, potassium and phosphorus in agricultural property in the municipality of Palotina, Paraná to assist the farmer in making decisions regarding soil management and correction. For this, 16 soil samples were collected, with a distance of 50 m and a depth of 0.00 - 0.20 m. The attributes are analyzed by means of descriptive statistics, obtaining the position measurements (minimum, mean and maximum) and dispersion (standard deviation, coefficient of variation, asymmetry coefficient and kurtosis coefficient). The models were structured using a kriging interpolation method, using Surfer 10® software. It was concluded that the presence levels of the macronutrients evaluated varied between medium and high, not indicating their lack.

Key words: Precision Agriculture. Macronutrients. Correction.

¹ Acadêmico do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz – PR. leo-zanella@hotmail.com

² Professor do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz – PR. helton.rosa@hotmail.com

Introdução

A produção da agricultura nacional necessita da utilização adequada de corretivos, bem como do suprimento dos nutrientes. A agricultura de precisão se apresenta como meio eficiente para permitir ao agricultor o acesso as informações para melhor aplicar as práticas de manejo e elevar a eficiência de uso de nutriente e como consequência expandir o retorno econômico da produção agrícola (BERNARDI *et al.*, 2015).

A agricultura de precisão (AP) ganhou espaço como método para gerenciar a produção agrícola, com a evolução tecnológica dos equipamentos das diversas etapas da lavoura e com a chegada de instrumentos para mapear, processar e acumular dados (BADOTTI NETO, 2012). A AP abrange diversas técnicas como manejo da fertilidade do solo. Os insumos são dosados de acordo com a necessidade identificada no solo visando otimizar a produção. Para ampliar a produção, constitui-se fundamental a determinação da variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo com coleta de amostras (BOTTEGA *et al.*, 2013).

O estudo da variabilidade espacial do solo exige entendimento de quais variáveis interferem na produtividade ou fertilidade do solo e qual o grau de sua interferência. (BADOTTI NETO, 2012). Ao realizar a caracterização da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo torna-se possível o controle mais eficiente dos fatores produtivos das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Com a medição e registro da variabilidade espacial de atributos químicos, pode-se ainda otimizar as aplicações de insumos, e contribuir com a melhor produtividade, bem como redução de problemas ambientais. Agricultura de precisão necessita da variabilidade espacial e temporal para obtenção e interpretação do maior número de informações para o processo produtivo de melhor qualidade e eficiência (MACHADO *et al.*, 2007).

Além disso, a variabilidade espacial permite demonstrar ao produtor a localização das áreas de acordo com o nível de produtividade e concentração dos nutrientes no solo, permitindo a adubação e correção adequada do solo, bem como a racionalização dos insumos evitando desperdício de recursos. É possível ao agricultor mapear seu solo e a partir do mesmo otimizar seus recursos e insumos (OLIVEIRA, 2007).

Para a otimização da produtividade, faz-se necessário entender que as plantas para seu crescimento, floração e frutificação necessitam de nutrientes minerais que podem ser encontrados no solo bem como em fertilizantes (SERRAT *et al.*, 2002).

O solo tem como função fornecer água e elementos minerais vitais para planta. Independente do nível de fertilidade e nutrição do solo, a exploração agrícola enfraquece o solo de forma intensa e é a partir da ferramenta fundamental da adubação balanceada que se

agregam nutrientes ao solo com aplicação de insumos e boas práticas e manejo (UNIFERTIL, 2012).

A obtenção dos diversos nutrientes é indispensável para a saúde das plantas. Tais nutrientes são absorvidos pelas plantas em concentrações específicas de acordo com a necessidade para o desenvolvimento da planta (GIRACCA e NUNES, 2017).

Os nutrientes minerais são divididos em dois grandes grupos: os macro e micronutrientes, ambos fundamentais para o crescimento das culturas. No entanto, o presente trabalho se aterá aos macronutrientes que são assim denominados pela necessidade das plantas em absorvê-los em grande quantidade. Especificamente, dentro desse grupo, são abordados três entre os mais importantes: cálcio, fósforo e potássio (SERRAT et al., 2002).

Cada um deles apresenta função relevante para a planta. O Cálcio (Ca) auxilia no fortalecimento dos órgãos das plantas, especialmente as raízes e folhas, além de compor a parede celular da planta. O macronutriente Fósforo (P) é decisivo na produção energética, respiração e formação de compostos orgânicos, por exemplo. Por fim, o Potássio (K) auxilia no amadurecimento dos frutos e formação das raízes. Junto com o nitrogênio é um dos macronutrientes mais consumidos pelo vegetal (GIRACCA e NUNES, 2017).

A partir da variabilidade espacial e da relevância dos macronutrientes, o presente trabalho objetivou identificar variabilidade espacial da concentração de três macronutrientes: cálcio, fósforo e potássio.

Material e Métodos

A coleta de dados foi realizada em área de 4,9383 hectares, localizada na Linha La Salle no município de Palotina, Paraná, situada entre as coordenadas geográficas 24°13'43,06" S de latitude e 53°46'18,82 O de longitude.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). O clima é subtropical úmido. O município apresenta relevo plano com altitude de 332 metros. A área do estudo constitui ponto de maior altitude do município. A propriedade realiza rotações de cultura com soja e milho a partir do plantio direto. A área foi subdividida em 16 amostras coletadas de 0,00-0,20 m de profundidade.

A metodologia foi adaptada da dissertação de Amaral (2014). A demarcação da área do estudo foi obtida a partir do uso de aparelho de GPS onde foi delimitados 16 pontos todos georreferenciados em um espaçamento de 50 m entre as coordenadas X e Y na escala UTM, dentro de uma área de 40000 m².

A coleta das amostras foi realizada a partir de trado holandês em setembro de 2017,

anterior a dessecação e plantio de soja. Cada amostra coletada foi encaminhada ao laboratório Solanálise de Cascavel, PR. Os elementos analisados e quantificados estão os níveis de cálcio (Ca), fósforo (P) e potássio (K). Utilizou-se do extrator KCl para o Ca, e o extrator Melich para P e K.

A variabilidade do solo é avaliada a partir da análise descritiva dos dados, calculando se a média, mediana, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose.

Realizou-se a interpolação dos dados pelo método de krigagem para de mapas temáticos através software Surfer 10 (GOLDEN SOFTWARE , 2010).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos da análise descritiva referentes aos três macronutrientes em estudo são apresentados no Tabela 1. A média e mediana dos mesmos são próximas, especialmente para cálcio e potássio, demonstrando distribuição quase simétrica, atestada ainda pelo valor da assimetria dos mesmos que encontra-se próximo de zero. Santos *et al* (2015) encontraram resultados semelhantes em seu estudo de variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café conilon.

Utiliza-se o coeficiente de assimetria para demonstrar como e quanto a frequência se distância da simetria. Com a assimetria > 0 , constata-se distribuição assimétrica a direita, em contrapartida ao obter assimetria < 0 , tem-se distribuição assimétrica a esquerda. Obtendo a assimetria $= 0$, diz-se que a distribuição é simétrica (GUIMARÃES, 2000). Os valores obtidos para todos os três elementos (Ca, P e K) indicam distribuição assimétrica a direita, com destaque para o maior índice obtido por K (0,62187).

O coeficiente de curtose, demonstra o grau de achatamento da curva, a dispersão da distribuição de um padrão. Os resultados podem ser: $= 0$, caracterizando distribuição mesocúrtica; coeficiente de curtose < 0 , platicúrtica e por fim coeficiente de curtose > 0 indicando curva leptocúrtica (Silva *et al.*, 2010). Todos os macronutrientes estudados demonstraram curtose negativa, apresentando distribuição platicúrtica.

Baseado em Pimentel Gomes (1985), o coeficiente de variação (CV) pode ser classificado em baixo: $CV \leq 10\%$; médio: $10\% < CV < 20\%$; alto: $20\% < CV < 30\%$; ou muito alto: $CV > 30\%$. Os coeficientes de variação dos macronutrientes foram: médio para cálcio, alto para potássio e muito alto para o fósforo. Em contrapartida, Santos *et al.* (2015) encontraram valores considerados muito altos para os mesmos três elementos.

Os valores de variância e desvio padrão são baixos para cálcio e potássio,

demonstrando que existe baixa dispersão entre os valores das amostras e sua média, indicando homogeneidade. Em contrapartida, o fósforo apresentou valores maiores, com maior dispersão.

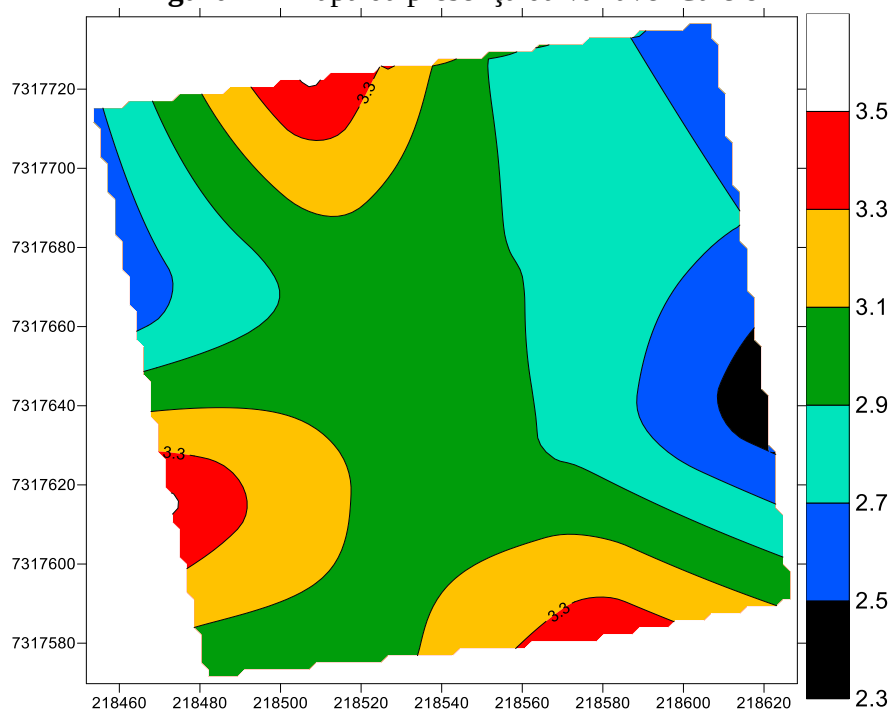
Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados de Ca, P e K

Estatística descritiva	Cálcio Cmolc/dm ³	Fósforo Mg/dm ³	Potássio Cmolc/dm ³
Mínimo	2,320	32,33	0,1900
1º Quartil	2,685	35,46	0,2525
Mediana	2,895	52,35	0,2900
Média	2,942	53,51	0,2906
3º Quartil	3,070	66,08	0,3150
Máximo	3,560	85,80	0,4500
Variância	0,1259133	297,0499	0,00437
Desvio Padrão	0,3548427	17,23514	0,06617
CV	12,05922	32,20881	22,77107
Assimetria	0,3502094	0,24754	0,62187
Curtose	-0,8023402	-1,34923	-0,04063

Fonte: Dados de Pesquisa (2017).

Com a aplicação do software Surfer 10, foram gerados os mapas (Figura 1, 2 e 3) que demonstram a distribuição espacial dos três macronutrientes estudados. Utilizou-se, para tanto, o método da krigagem que consiste em ponderar as proximidades dos pontos estimados, seguindo regras de não tendenciosidade, ou seja, que a diferença entre valores estimados e observados para o ponto deve ser nula (GREGO; OLIVEIRA; VIEIRA, 2014).

Figura 1 – Mapa da presença da variável Cálcio



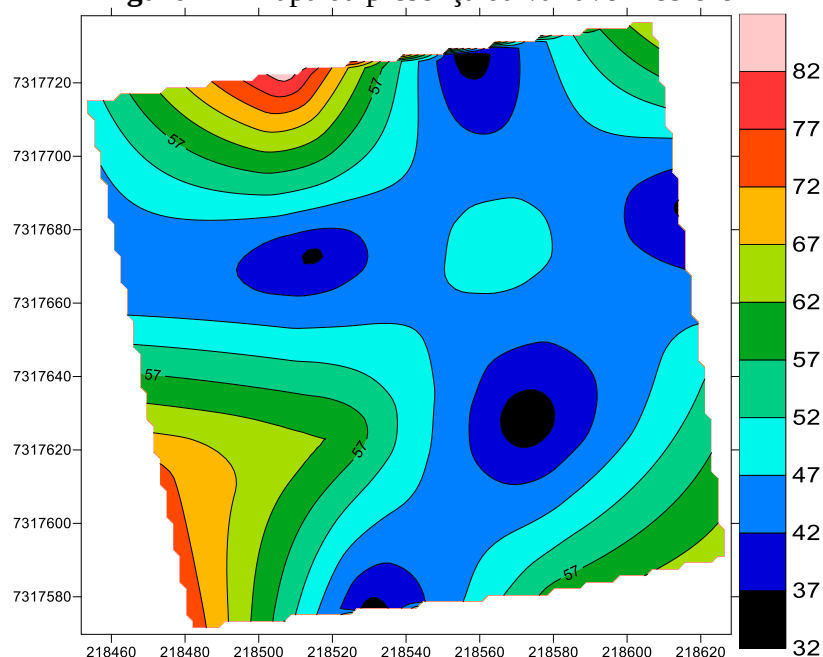
Percebe-se especialmente nos pontos extremos do mapa (Figura 1) variações importantes, que podem ser explicadas em parte, pois, próximo a área mais pobre da presença de cálcio passa a estrada rural.

Com teor elevado de argila, (superior a 60%), a presença de fósforo com média de 53,51 mg/dm³ é caracterizado como muito alto, sendo muito superior ao encontrado por Milanesi (2015) em solo caracterizado pela mesma faixa de teor de argila, com 7 mg/dm³, já considerado alto. Com a média, 0,2906 Cmolc/dm³ de presença de potássio, concentra-se na taxa média que de acordo com Broch e Ranno (2012) varia entre 0,28 e 0,45. O nível médio de cálcio encontrado foi de 2,942 Cmolc/dm³, que de acordo com CFS- RS/SC (1994) encontra-se na faixa de teor médio (de 2,1 a 4,0).

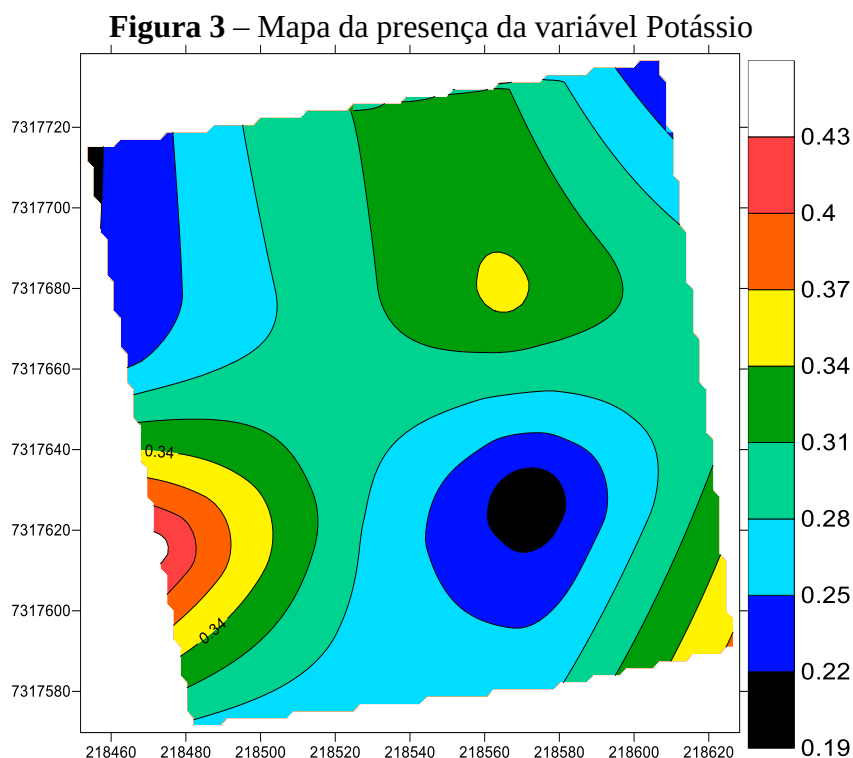
A distribuição do cálcio apresenta três pontos com maior concentração (3,1 a 3,5) em localizações extremas na área, bem como um ponto de menor índice de cálcio. Na faixa central do mapa constatou-se índices variando entre 2,9 e 3,0 (demonstrando homogeneidade). A média ficou em 2,942 próxima a média de 2,043 encontrada por Carneiro *et al.* (2016) em latossolo vermelho.

A Figura 2 apresenta em sua maior área, índices inferiores da distribuição de fósforo e em dois pontos específicos e extremos do mapa a presença aumenta de forma considerável. A amplitude da área varia entre 32,33 e 85,80 o que confirma a disparidade existente entre pontos. Muito superiores aos extremos encontrados por Milanesi (2015) de 3 e 12 (em solo de mesma faixa de teor de argila). Percebe-se que as Figuras 1 e 2 apresentam ponto comum entre índices menores de cálcio e fósforo.

Figura 2 – Mapa da presença da variável Fósforo



A Figura 3 demonstra de modo geral que a área possui índices inferiores a média encontrada, com a presença de uma região com menor índice identificado, em contrapartida de um dos extremos com índices mais elevados (0,34 a 0,43). Os menores índices podem ter relação com ao processo de lixiviação a que o potássio é sujeito, apesar do solo com alto teor de argila minimizar tal efeito (WU; SHINZATO; ANDRADE, 2011).



A distribuição espacial dos macronutrientes demonstra a presença de algumas disparidades importantes em regiões distintas da área. No entanto, de modo geral, os macronutrientes analisados apresentaram índices médios ou altos, significando que não há carência dos elementos analisados.

Conclusões

O estudo da variabilidade espacial constitui importante ferramenta, permitindo ao agricultor a identificação de áreas com maior e menor necessidade de adubação e calagem. A partir da análise dos elementos avaliados Cálcio, fósforo e potássio verificou-se variabilidade considerável, não influenciando no grau de fertilidade do solo, já que os menores valores obtidos se encontram em nível satisfatório e os maiores apresentaram-se em excesso, mas sem prejuízo a produção da lavoura.

Entende-se a necessidade da atenção para o manejo dos elementos, visando buscar a homogeneidade da presença de nutrientes no solo.

Referências

- AMARAL, A. **Variabilidade espacial dos atributos do solo em um gramado de futebol.** 44 f. Dissertação (Mestrado) Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- BADOTTI NETO, A. **Análise da variabilidade espacial dos teores de ctc, fósforo e potássio em uma área agrícola sob sistema de plantio direto no município de Laranjeiras do Sul-PR.** 60 f. Monografia Curso de Especialização de Geoprocessamento, Universidade Federal do Paraná, 2012.
- BERNARDI, A.C.C.; BETTIOL, G.M.; GREGO, C.R.; ANDRADE, R.G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R.Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 205-221, jan./ago. 2015.
- BOTTEGA, E.L.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; SOUZA, C.M.A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2013.
- BROCH, D.L.; RANNO, S.K. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja.** In: Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012. Fundação MS, Maracaju -MS, 2012. p. 2-38.
- CARNEIRO, J. S. et al. Diagnóstico da variabilidade espacial e manejo da fertilidade do solo no cerrado. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 38-49, jul/dez. 2016.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (CFS- RS/SC). **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Passo Fundo, 3. ed. Passo Fundo, SBSC-Núcleo Regional Sul 1994. 224p.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2º ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- GIRACCA,E.M.N.; NUNES,J.L.S .**Nutrientes.** Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html>. Acesso em: 11 Abril 2017.
- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for windows version 10.0.** Colorado: Golden, 2010.
- GREGO, C.R.; OLIVEIRA, R.P.; VIEIRA, S.R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão.** In: BERNARDI, A.C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A.V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 5, p. 74-83.

GUIMARÃES, E.C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. 2000. 85 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MACHADO, L.O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C.; FERREIRA, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 591-599. 2007.

MILANESI, J.H. **Adubação da cultura da soja baseada em teores mínimos de fósforo e potássio no solo**. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

OLIVEIRA, P.C.G. **Variabilidade espacial de macronutrientes correlacionados com a produtividade em pomares cítricos do município de capitão poço, PA**. 58 f. Dissertação (Mestrado) Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.

OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; SOARES, M.D.R.; AQUINO, R.E.; MARQUES JUNIOR, J.; NASCIMENTO, E.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1103-1112. 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, E.O.J. Variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café conilon no Norte do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 3, p. 469-476, jul-set, 2015.

SERRAT, B.M.; LIMA, M.R.; GARCIAS, C.E.; FANTIN, E.R.; CARNIERI, I.M.R.S.A.; PINTO, L.S. Conhecendo o solo. **Projeto Extensão Universitária Solo Planta**, Curitiba, p. 1-28, 2002. Disponível em: < <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/conhecendosolo.pdf>>. Acesso em: 13 abril 2017.

SILVA, S.A. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 15-22, 2010.

UNIFERTIL. **Nutrientes do que as plantas precisam?**. Ed. De Joyce Soares Dias. Canoas, 2012. Disponível em: < <http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20121011151121.pdf>>. Acesso em: 12 abril 2017.

WU, L.F.; SHINZATO, M.C.; ANDRADE, S. Estudo experimental de lixiviação de potássio em solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 13., 2011, Gramado. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <www.sbgq.org.br/index.php?option=com_phocadownload...experimental>. Acesso em: 05 nov. 2017.