

TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO NO AUXÍLIO DA TOMADA DE DECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS

LAFAIETE DE SOUSA SANTOS
LINEARDO FERREIRA DE SAMPAIO MELO
SUZANA DANIELA ROCHA SANTOS E SILVA

Instituto Federal de Tocantins – IFTO^{1,2}
Gerência de Ensino Superior e Pós-Graduação, Araguatins - TO
Universidade Federal da Bahia - UFBA
Departamento de Engenharia de Transportes e Geodesia
sousalafaiete@gmail.com, lineardo@ifto.edu.br,
suzanadr@hotmail.com

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica de atividades de interpretação de amostras de solo utilizando recursos da agricultura de precisão em pequenas propriedades. O trabalho foi realizado em uma área de plantio de milho, que foi georreferenciada com uso de receptores geodésicos GNSS e dividida em grades 25x25m e 35x35m no *software* QGIS. Em etapa seguinte, foi realizada a locação de pontos em campo e a coleta de amostras de solo em cada célula da grade. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para o laboratório. A geoestatística foi aplicada utilizando o *software* ArcGis através das ferramentas de interpolação de dados amostrais, com o método matemático da krigagem. O elemento fósforo (P) apresentou o maior valor de coeficiente de variação em ambos tipos de grade, o atributo K e V% apresentaram valores de maior amplitude. Nos dois tipos de grade, com malhas diferentes, criaram-se os mapas para os atributos Ph, P, K, V%. Nas duas grades foi possível realizar a interpretação e visualização da distribuição espacial dos macronutrientes, tendo as duas apresentado mapas semelhantes. Os valores foram interpretados utilizando os manuais de recomendação de calagem e adubação.

ABSTRACT - The purpose of this investigation was to analyze the technical feasibility of soil samples interpretation activities using resources of precision agriculture on small farms. The research was carried out in a corn plantation area, which was georeferenced using geodetic GNSS receivers than it was divided in 25x25 m and 35x35m grids in QGIS software. Following, the location of points in the field and soil samples collect was carried out in each grid cell. Subsequently, the samples were sent to the laboratory. Geostatistics was applied using the software ArcGis through interpolation tools of sampling data with the mathematical method of kriging. The P element showed the highest coefficient of variation in both types of grid, K and V% had values the biggest amplitude. In both types of grid, with different meshes were created maps to the attributes PH, P, K, V%. In the two grids it was possible to perform the interpretation and visualization of the macronutrients spatial distribution. Both grids presented similar maps. The values were interpreted using the liming and fertilizing manuals.

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução das técnicas de processamento de dados amostrais vários ramos das ciências foram beneficiados sendo um deles o setor agrícola. Através desses programas tornou-se possível, por exemplo, a elaboração de mapas temáticos de atributos químicos do solo. A utilização dos SIG (Sistemas de Informações Geográficas), direcionados a agricultura, trouxe avanços importantes em termos de produtividade. O desenvolvimento da tecnologia GPS (*Global Positioning System*) teve grande significado para a aplicação dos conceitos de manejo localizado deixando um pouco de lado as coletas de dados por estimativas (COELHO, 2005), diminuindo assim os erros amostrais.

O gerenciamento correto de uma propriedade possibilita a identificação dos pontos críticos da atividade agrícola. Essa identificação reflete diretamente na lucratividade do processo de produção. A aplicação correta das técnicas direcionadas a melhoria da qualidade, gestão e gerenciamento de insumos torna os agricultores mais

competitivos, com uma melhor visualização de onde se deve aplicar seus recursos visando à obtenção de maior lucro. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica de atividades de amostragem e interpretação de análise de solo realizado na Agricultura de Precisão (AP) aplicada em pequenas propriedades rurais.

2 MATERIAIS E METODOS

2.1 Materiais

Para desenvolvimento da pesquisa e confecção dos mapas de fertilidade do solo na área de estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- ✓ Software QGis 2.14;
- ✓ Software auto CAD map 3D versão *free* educacional;
- ✓ Software GPS Track Maker;
- ✓ Software Topcon Tools;
- ✓ software ArcGis 10.1;
- ✓ Software Statistical Analysis System – SAS
- ✓ Receptor GNSS, modelo Hiper II;
- ✓ Receptor GPS navegação Garmin, modelo Etrex 10;
- ✓ Trado Tipo Holandês.

2.2 Caracterização da área em estudo

O trabalho foi realizado em uma área de plantio comercial de milho, sob as coordenadas geográficas 05°41'20.76"S e 47°41'38.94" W e altitude geométrica 190,06m. A área é localizada na Fazenda Dois irmãos, no município de Sitio Novo Tocantins, que se encontra na região do Bico de Papagaio no Estado do Tocantins (figura 1).

A área em estudo foi preparada para implantação da cultura do milho no sistema convencional de plantio, realizando-se duas gradagens, com o implemento agrícola do tipo grade aradora. Segundo o histórico da área, anteriormente cultivava-se pastagens com capim brachiaria, e essa cultura foi dissecada com glifosato e em seguida esse material foi incorporado ao solo visando uso sustentável e evitando queimadas que é muito comum nesta região.

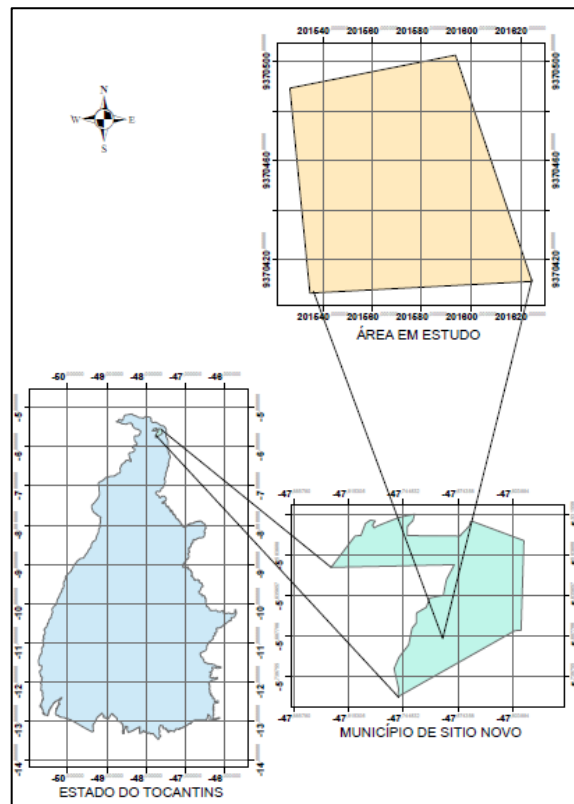


Figura 1 – Mapa de localização do Município de Sitio Novo e área experimental

Fonte: Santos (2016)

2.3 Métodos e procedimentos operacionais

O georreferenciamento do perímetro da área foi realizado utilizando-se receptores geodésicos GNSS da marca Topcon, modelo Hiper II. O método de posicionamento utilizado no levantamento foi o Relativo Estático Rápido. Dois receptores GNSS de dupla frequência (L1/L2) foram utilizados, um instalado em um ponto fixo (base), dentro da área, coletando dados por um período mínimo de quatro horas e intervalo de coleta de cinco segundos, e o outro aparelho móvel (*rover*) coletando dados em cada vértice, com permanência mínima de vinte minutos e intervalo de coleta de cinco segundos. A área de estudo possui forma retangular, sendo necessário o georreferenciamento de somente quatro pontos. O Transporte de Coordenadas da base foi realizado de acordo com a metodologia proposta pelo IBGE (2016) de processamento pelo PPP (Posicionamento por Ponto Preciso). Os dados foram convertidos para o formato RINEX, que é compatível com os *softwares* que utilizam a plataforma SIG. O pós-processamento foi realizado utilizando o *software* Topcon Tools (TOPCON POSITIONING SYSTEMS, 2010).

Utilizando o *software* QGIS, a área de estudo foi dividida em grades amostrais de forma que melhor representasse a área e proporcionasse uma avaliação de custos acessíveis ao produtor, pois a quantidade de amostras por área ainda é um assunto bem discutido no meio científico. Através das análises realizadas na propriedade, a área estudada com 0,7034 hectares foi dividida em grades de 35x35 m e 25x25 m, como mostra figura 2, sendo gerados sete e quatorze pontos amostrais, respectivamente, com raio de oito e seis metros. A comparação entre os dois tipos de divisão possibilita uma tomada de decisão mais precisa e representativa da área.

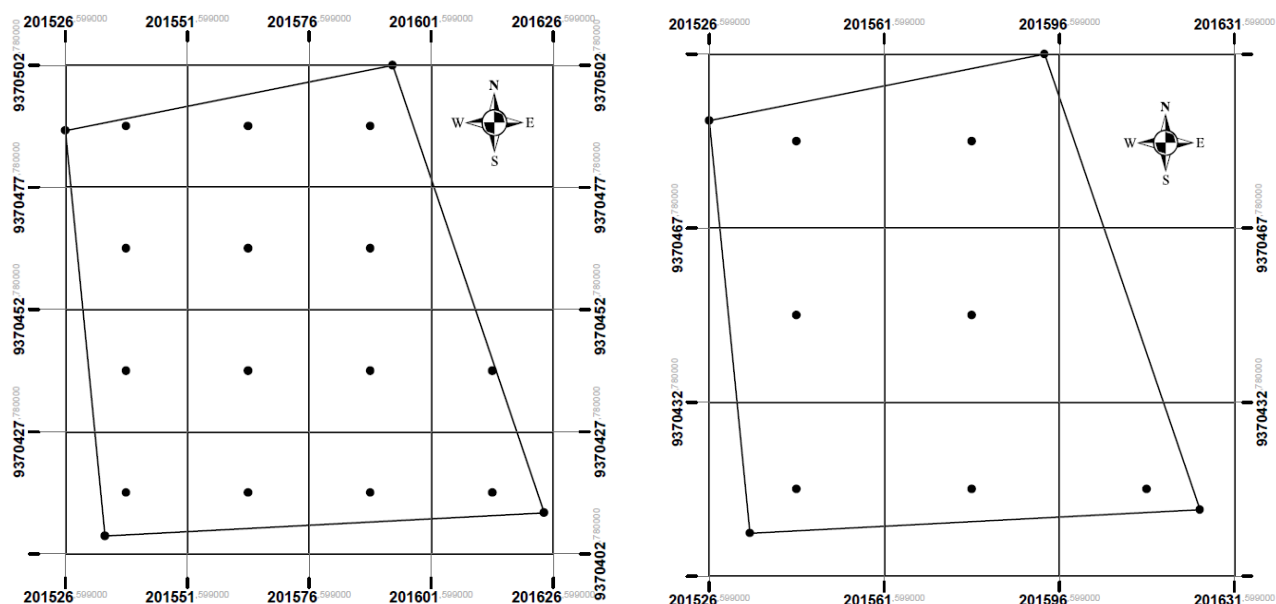


Figura 2 – Representação da área com grade de 25x25m e 35x35m

Após a divisão da área em grades, as coordenadas dos centroides foram obtidas no *software* QGIS. Essas coordenadas foram enviadas para o receptor GPS de navegação, modelo *Garmin Etrex 10*, para locação das coordenadas no terreno e coleta das amostras de solo. As amostras de cada célula foram coletadas de forma aleatória, com quantidade de cinco amostras por célula.

As amostras de solo foram coletadas próximas às coordenadas centrais das grades (figura 3), na proporção de cinco amostras simples para uma composta, utilizando um trado do tipo Holandês, na profundidade de 0,0 - 0,2 m. As amostras coletadas foram homogeneizadas e colocadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao laboratório de análises de solo de acordo com o manual EMBRAPA (1997).

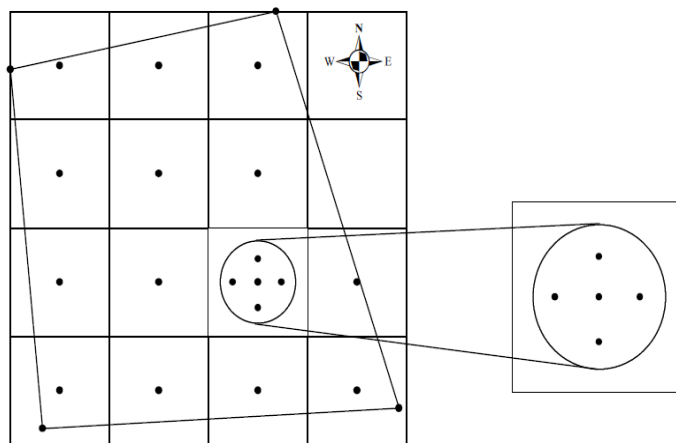


Figura 3 – Modelo de coleta das amostras de solo

No laboratório, as amostras foram colocadas para secar à sombra. Em seguida foram destorroadas e peneiradas em uma peneira de arame de malha de 2,0 mm de diâmetro para separação das partículas mais grossas, como proposto por Resende et al. (1995). A partir desse procedimento obteve-se a Terra Fina Seca ao Ar que foi utilizada para a realização das análises de químicas.

Os resultados das análises foram importados para o *software* ArcGis 10.1, versão *free* educacional, para aplicação da geoestatística. Os atributos químicos do solo escolhidos para elaboração dos mapas foram pH em água, fósforo (P), potássio (K) e saturação por base (V%). Estes atributos foram escolhidos devido aos produtores da região usarem apenas amostragem de macronutrientes, pH e saturação por base e realizarem apenas calagem e adubação de N-P-K na maioria dos cultivos, quando são feitos análises da área cultivada.

Para a criação de mapas de fertilidade do solo é necessário utilizar técnicas de interpolação que realiza uma estimativa do resultado em locais não amostrados (KNOB, 2006). No entanto, tal técnica de interpolação e estimação desses dados, é realizada graças ao uso da geoestatística através da técnica nomeada como krigagem. A krigagem foi o método geoestatístico escolhido para gerar os mapas temáticos, especificamente foi utilizada a krigagem ordinária, onde não há necessidade de se conhecer a média, ou seja, a média é constante, mas desconhecida e o semivariograma utilizado foi o esférico que é o que melhor se adequa aos dados amostrais. Um dos aspectos mais interessantes da geoestatística, é que nos oferece ferramentas capazes de descrever os detalhes das características estatísticas dos dados amostrados (SRIVASTAVA, 2013).

Nos resultados de análises de solo foram aplicados testes de estatística univariados, em que foram calculados valores máximos, mínimos, médias e coeficientes de variação (CV), e para avaliar a normalidade da população aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. O programa estatístico utilizado foi o *Statistical Analysis System – SAS* (Freund & Little 1981).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os valores máximos, mínimos, médios coeficiente de variação e teste W para os teores de pH, P Mehlich-1, K, V% obtidos pela análise de solo diferenciado de acordo com a grade amostral, sendo que nas duas tabelas o fósforo obteve maior número de coeficiente de variação (71,17%) e (70,49%). Todos os dados amostrais foram significativos a 5% de probabilidade no teste de Shapiro-Wilk, apresentando assim desvio de normalidade.

Tabela 1 - Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para pH, P Mehlich-1, K, V%, obtidos pela análise de terra em 14 pontos de amostragem, com grade amostral de 25x25 m.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	Teste W ¹
pH (H ₂ O)	5,50	5,80	5,63	1,49	0,88 ^{*(2)}
P (mg dm ⁻³)	0,30	4,30	1,52	71,17	0,87*
K (mg dm ⁻³)	22,00	95,00	70,78	27,42	0,92*
V %	36,46	73,43	48,26	18,28	0,83*

¹Teste de Shapiro-Wilk; ²Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: ** significativo ao nível de 1 %, * significativo ao nível de 5% de probabilidade e ns - não significativo.

Tabela 2 - Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e teste W para pH, P Mehlich-1, K, V%, obtidos pela análise de terra em 07 pontos de amostragem, com grade amostral de 35x35 m.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	Teste W ¹
pH (H ₂ O)	5,50	5,80	5,65	2,00	0,88 ^{*(2)}
P (mg dm ⁻³)	0,80	4,30	1,90	70,49	0,79 [*]
K (mg dm ⁻³)	22,00	93,00	65,45	37,48	0,86 [*]
V %	39,60	51,20	46,45	10,10	0,84 [*]

1 Teste de Shapiro-Wilk; (2) Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: ** significativo ao nível de 1 %, * significativo ao nível de 5% de probabilidade e ns - não significativo.

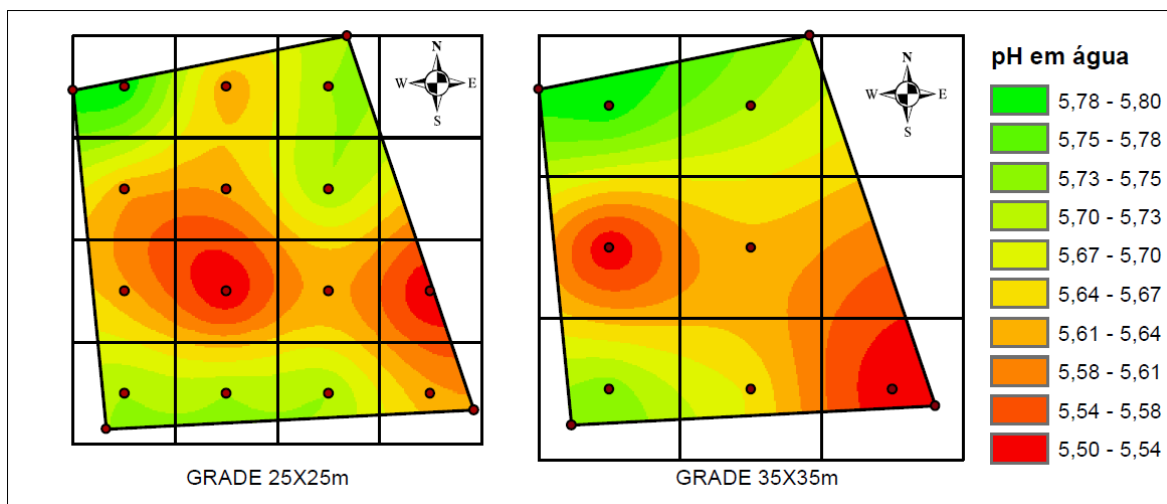
A variável potássio (K) apresentou grande amplitude entre os valores máximo (93,00 mg dm⁻³) e mínimo (22,00 mg dm⁻³) para a malha de 35x35 e na malha de 25x25 a variável apresentou amplitude similar, sendo valor máximo (95,00 mg dm⁻³) e mínimo (22,00 mg dm⁻³), no entanto esses valores tem influência do manejo da área e fácil mobilidade do potássio no solo. Para a variável saturação por base (V%) na malha 35x35 com valor máximo (51,20%) e mínimo (39,60%) e na malha 25x25 apresentaram valores de (73,43%) máximo e (36,46%) mínimo, tal variações entre os dois tipos de malha para os atributos em discussão estão relacionados ao preparo mínimo do solo, pois de acordo com o histórico da área ainda não tinha sido aplicadas práticas de correção da fertilidade do solo.

Foi possível gerar semivariograma de todos os dados amostrais através da interpolação dos dados das diferentes malhas amostrais criando mapas temáticos de fertilidade química do solo (Figuras 4, 5, 6, e 7), Dalchiavon et al (2012), Santos et al (2015) conseguiram gerar dados dos atributos do solo a partir da geoestatística aplicando a metodologia da krigagem e utilizando o programa computacional GS+, Souza et al (2004) realizou a elaboração dos mapas utilizando o *software* SURFER, no estudo em questão utilizou-se o mesmo método de krigagem, porém no *software* ArcGIS. Os mapas de pH e P (Figuras 4 e 5) gerados a partir da malha 25x25 obtiveram o maior grau de detalhamento, isso justifica que ocorreu uma interpolação de dependência moderada entre os pontos, e também deixa explícito que o maior número de amostras por área ocorre interpolações mais visíveis.

Os mapas de diferentes malhas são importantes para uma comparação global dos resultados obtidos na área em estudo, fazendo com que a aplicação de insumos sejam bem distribuídos e aplicado de forma adequada ao nível tecnológico do produtor. Kestring et al (2015), afirma que os mapas apresentam diferenças relacionadas diretamente a densidade amostral e o número de pontos amostrais coletados no campo, tal afirmação foi corroborada no estudo.

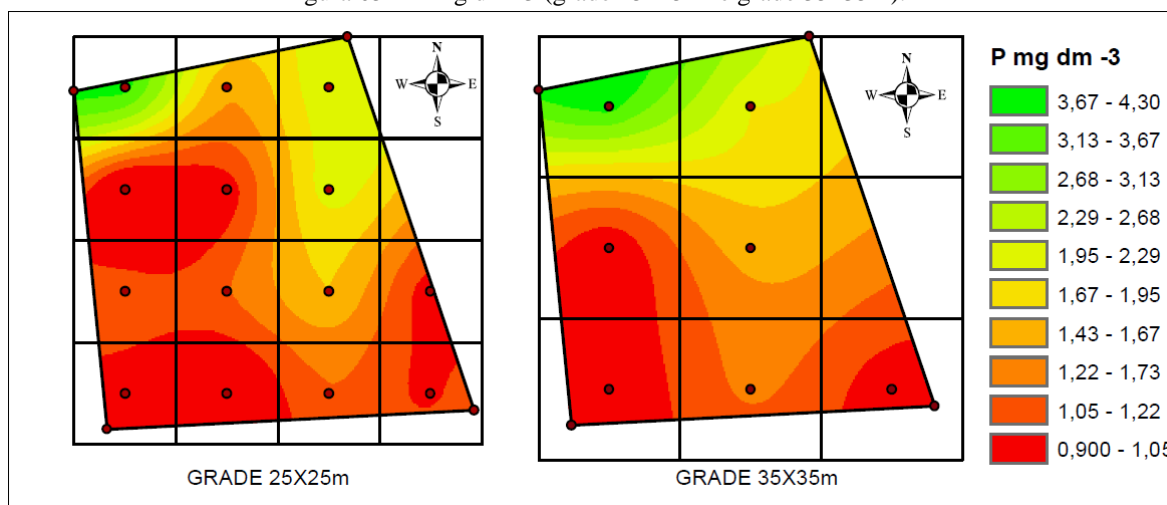
As interpolações obtidas nos mapas de pH (figura 4), mostram que na malha 25x25 os pontos coletados na extremidade da área mais ao sul, se enquadram nos valores acima da média (5,63) na ordem crescente da escala de cores (5,7-5,73) obtidas pelas análises. No entanto, a malha 35x35 apresentam seus pontos na mesma localização geográfica nos valores abaixo da média da escala de cores (5,61- 5,73). Na parte central dos mapas as malhas 25x25 m, e 35x35 m apresentam valores semelhantes na faixa de (5,58 – 5,61) de acordo com a escala de cores. Porém, a malha 25x25 m, visivelmente apresenta maior grau de interpolação. Sousa; Miranda e Oliveira (2007), relata que na maioria das culturas cultivadas no Brasil, as plantas se desenvolvem na faixa de pH entre 5,7 e 6,0, sendo estes valores considerados faixas ideais. No entanto, através destes mapas fica visível onde deve ser feito a aplicação de corretivos para melhorar o pH. Souza et al (2004) trabalhando atributos químicos do solo em áreas de plantio direto obteve melhores resultados para o pH utilizando o modelo matemático esférico dos semivariogramas.

Figura 04 – pH em água, (grade 25x25 m e grade 35x35m).

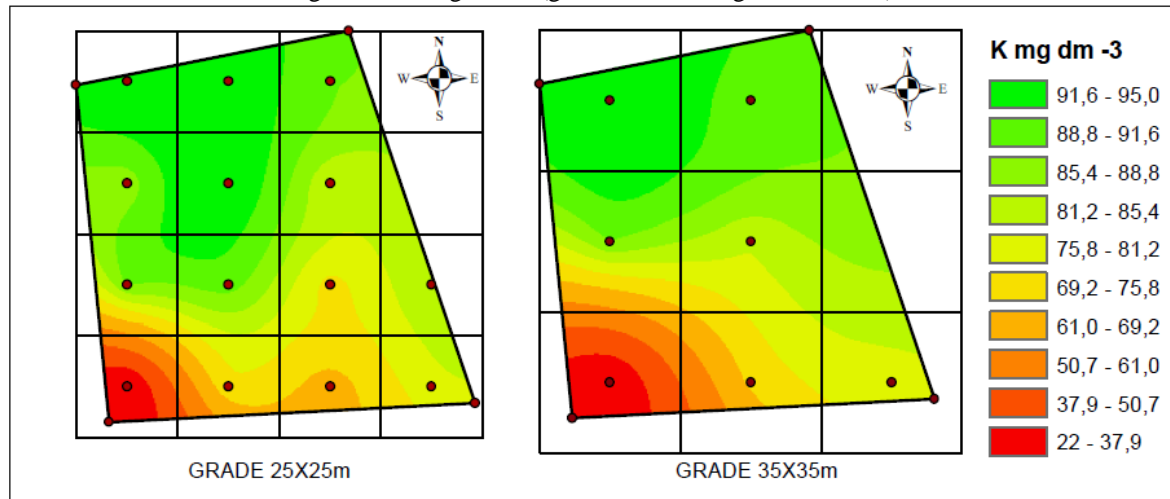


Para o atributo fósforo (P) (figura 5) gerou-se mapas temáticos de interpretações similares nos resultados obtidos nas duas grades, sendo que na região noroeste da área do experimento, a grade 25x25 m apresentou-se com valores que variaram do mínimo ao máximo representado pela escala de cores ($0,9 - 4,3 \text{ mg dm}^{-3}$), sendo que nesta mesma localização geográfica o mapa de grade 35x35 m apresentou toda esta área como valores semelhantes da escala de cores ($0,9 - 4,3 \text{ mg dm}^{-3}$). Os valores encontrados nos dois mapas, segundo Sousa e Lobato (2004), classificam esses valores como muito baixo. Os valores de fósforo nestas condições têm influência direta dos níveis de pH uma vez que este atributo químico se torna mais disponível para as plantas com pH em torno de 5,5 a 6,5. As plantas que apresentam sintomas de deficiência deste elemento apresentam seus primeiros sintomas nos órgãos mais velhos dos quais o nutriente migra para os tecidos mais novos (MALAVOLTA, 2006). Considerando a área em estudo direcionada a plantio do milho e a média de produtividade de 4.426 kg ha^{-1} (CONAB 2016). Raij et al. (1997) e Sousa e Lobato (2004), recomendam aplicar $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ na adubação de semeadura.

Figura 05 – P mg dm^{-3} (grade 25x25 m e grade 35x35m).

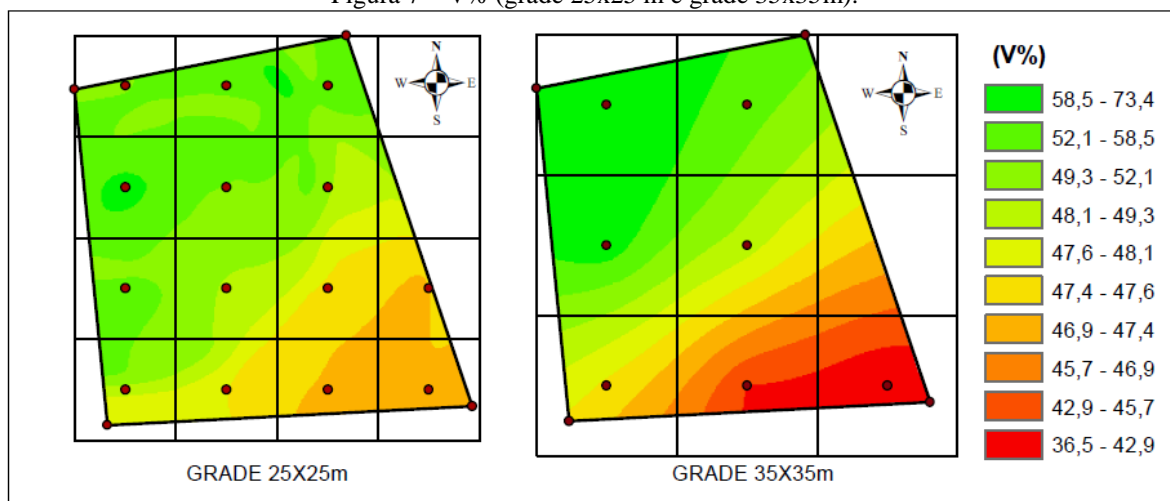


Os mapas temáticos do atributo potássio (K) (figura 6) mostraram grande deficiência nos pontos de cores mais vermelhas ($22,0 \text{ mg dm}^{-3} - 69,2 \text{ mg dm}^{-3}$), assim como os mapas dos demais atributos as deficiências com maior destaque se deu na parte mais alta do terreno mostrando assim a grande mobilidade dos nutrientes em relação a declividade do terreno. De acordo com Sousa e Lobato (2004), os teores de potássio são classificados entre médio a alto variando em doses de aplicação que variam de $0,0$ a $100 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$. De acordo os resultados Raij et al (1997) recomenda doses entre $50 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ para os valores mínimos ($22,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e $40 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ para os valores de máximos ($95,0 \text{ mg dm}^{-3}$) na adubação de semeadura sendo que a adubação de cobertura é indicado aplicar $20 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ nas regiões onde se encontra os valores mínimos do nutriente potássio. Segundo Ernani; Almeida e Santos (2007), as resposta a adição de fertilizantes potássicos estão relacionadas a diversos fatores que influenciam no desenvolvimento da planta, por exemplo, a quantidade do nutriente remanescente no solo, tipo de espécies vegetais, teor de água e tipo de solo que está sendo cultivado.

Figura 6 – K mg dm⁻³ (grade 25x25 m e grade 35x35m).

Assim como os demais mapas apresentados anteriormente para os atributos do solo, índice de saturação por base (V%) (figura 7) apresentou semelhança nos padrões de ocorrência e justifica uma correlação espacial na área estudada. Os valores encontrados na escala de cores para saturação por base variam de 36,5% a 73,4%. Obtendo assim uma amplitude que é classificada de baixo a alta (RAIJ et al. 1997). De acordo com CFSEMG (1999), Sousa e Lobato (2004), recomendam aplicar calcário para elevar o V% para 50 que seria o ideal para cultura do milho. No entanto Raij et al. (1997) recomenda aplicação de calcário para elevar a saturação por base para 70%. Considerando esses valores e utilizando método da saturação por base definido pela equação 1, recomendou se as doses de calcário.

Figura 7 – V% (grade 25x25 m e grade 35x35m).



$$NC = \frac{CTC(V2 - V1)}{100}$$

(1)

NC = Necessidade de Calagem, dada em t ha⁻¹ na profundidade de 0,2m.

V1 = Valor encontrado nas amostras

V2 = Valor em que se deseja alcançar de acordo com a cultura

CTC = Capacidade de troca catiônica

100 = Estar relacionado ao PRNT do calcário

De acordo com os cálculos realizados as doses de calcário variam de 0,0 t ha⁻¹ a 1,94 t ha⁻¹ seguindo as recomendações dos autores descritos anteriormente. No entanto, as respostas à calagem e adubação são resultado também do manejo e a qualidade dos corretivos e adubos aplicados na área.

4. CONCLUSÕES

De acordo com o que foi apresentado neste trabalho observa-se que é possível aplicar técnicas de Agricultura de Precisão em pequenas propriedades. A geração dos mapas dos atributos químicos do solo possibilitou verificar, com uma melhor precisão, onde se devem aplicar os corretivos do solo.

A aplicação de técnicas de **agricultura de precisão** em pequenas propriedades requer um acompanhamento da relação custo benefício, sendo que diferente do manejo convencional a agricultura de precisão requer um número maior de amostras de solo e o uso de equipamentos como receptores GPS.

Para aplicar a agricultura de precisão é necessário conhecimento em gestão de propriedades rurais, uma vez que para se obter melhores resultados de produção deve-se realizar um planejamento para definição de quais equipamentos e o tipo de mercado que será comercializada a produção.

Observou-se que para os dois tipos de grade a distribuição espacial de amostras do solo, chegaram em resultados que proporcionaram a recomendações e aplicações de corretivos e fertilizantes no solo, visando aperfeiçoar a distribuição e aproveitamento localizados dos nutrientes, sendo que irá disponibilizar de forma aproximada a quantidade ideal para cada planta.

Por meio da análise estatística realizada no trabalho, concluiu-se que devido à variação dos diversos modelos matemáticos da geoestatística por Krigagem, cabe um estudo aprofundado para analisar qual melhor modelo para se aplicar na agricultura de precisão, visando um modelo que atenda uma melhor precisão e acurácia para os resultados da interpolação e interpretação dos mapas de fertilidade do solo.

Outros *softwares* podem ser testados, visando sempre à diminuição de custos e a viabilidade técnica dos recursos para bons resultados em pequenas propriedades.

A aplicação das recomendações de calagem e adubação foi possível para as duas grades amostrais, sendo que futuramente essas doses de fertilizantes irão variar de acordo com a produção, objetivos e metas em que o produtor visa alcançar em sua propriedade.

REFERÊNCIAS

- COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas.** Agricultura, v. 1518, n. 4277, p. 46, 2005. http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/18887/1/Doc_46.pdf
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** -(5ª aproximação). Viçosa, MG, 1999.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Estimativa de safra 2015/2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 13 mar 2016.
- DALCHIAVON, F.C. et al. **Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto.** Ciência Agronômica, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012. <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1538>
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Análises química de solos, plantas e Fertilizantes. Rio de Janeiro: Embrapa/Solos, 1997.
- ERNANI, P.R. ALMEIDA, J.A. SANTOS, F.C. **Potássio.** In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 9, p. 551-594.
- IBGE. **Posicionamento por Ponto Preciso.** Disponível em: <<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>>. Acesso em: 09 abr 2016.
- KESTRING, F.B.F. **Comparação de mapas temáticos de diferentes grades amostrais para a produtividade da soja.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.35, n.4, p.733-743. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n4p733-743/2015>
- KNOB, M.J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades.** 2006. 130 f. Dissertação (mestrado) – UFSM, Santa Maria-RS, 2006.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

RAIJ, B.V. et al. Boletim Técnico, IAC. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.a Edição. n° 100, Campinas-SP: Instituto Agrônomo, 1997.

RESENDE, M. CURI, N. REZENDE, S. B. de. CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995.

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

SOUSA, D. M. G; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004.

SOUSA, D.M.G. MIRANDA, L.N. OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 5, p. 205-274.

SRIVASTAVA, R. M. **Geostatistics: A toolkit for data analysis, spatial prediction and risk management in the coal industry**. International Journal of Coal Geology, Eglinton Avenue East, Toronto, Ontario, Canadá, 112. 2–13, 2013. [http:// www.elsevier.com/locate/ijcoalgeo](http://www.elsevier.com/locate/ijcoalgeo)

TOPCON POSITIONING SYSTEMS. Topcon Tools Reference Manual. Copyright Topcon Positioning Systems, Inc. Nov, 2010.