

## QUANTIDADE E CUSTOS DE INSUMOS ASSOCIADOS À IMPLANTAÇÃO DE PLANOS DE AMOSTRAGEM EM GRADE E BASEADO EM ZONAS DE MANEJO

CHARLES CARDOSO SANTANA<sup>1</sup>, MICHEL CASTRO MOREIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), santana.agr@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), michelcm@ufob.edu.br

Apresentado no  
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018  
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a quantidade e os custos de corretivos e fertilizantes associados à implantação dos planos de Amostragem em Grade (AG) e baseado em Zonas de Manejo (ZM). O estudo foi realizado em São Desidério - BA, em uma área de 50 ha. A amostragem de solo foi realizada, tendo-se uma relação de uma amostra por hectare (amostragem referência) e foram determinadas a saturação por bases (V), o fósforo (P) e o potássio (K). A partir da eliminação sistemática dos pontos amostrais, simularam-se a AG considerando uma amostra a cada dois, três, quatro e nove hectares. Além disso, simulou-se a amostragem baseada em ZM (delimitadas a partir de mapas de NDVI da cultura de soja), considerando três pontos amostrais por ZM. Utilizaram-se os valores de V, P e K para gerar as recomendações de calcário,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , respectivamente. A diminuição da densidade amostral na AG resultou em maior recomendação para o calcário, e menores recomendações para os fertilizantes superfosfato simples e cloreto de potássio. A recomendação de calcário com base na amostragem baseada em ZM foi similar, em termos quantitativos, à recomendação da amostragem de referência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, amostragem de solo, recomendação de adubação.

## QUANTITY AND COSTS OF INPUTS ASSOCIATED WITH THE IMPLEMENTATION OF GRID SAMPLING AND BASED ON MANAGEMENT ZONES SCHEMES

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the quantity and the costs of lime and fertilizer associated with the deployment of sampling plans in grid (SPG) and based on management zones (MZ). The study was conducted in São Desidério, Bahia, in an area of 50 ha. The soil sampling was performed with a ratio of one sample per hectare (sampling reference), and saturation (V), phosphorus (P) and potassium (K) were determined. From the systematic elimination of sampling points, we simulated the SPG, considering a sample every two, three, four and nine hectares. In addition, simulated sampling based on MZ (boundaries drawn from maps of the Normalized Difference Vegetation Index of soybean crop), considering three sampling points per MZ. We used the values of V, P and K to generate the recommendations of limestone,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ , respectively. The decrease of sample density in SPG resulted in the highest recommendation for the limestone, and lower recommendations for the fertilizers simple superphosphate and potassium chloride. The recommendation of limestone as a result of MZ based sampling was similar, in quantitative terms, to the recommendation of the reference sampling.

**KEYWORDS:** Precision agriculture, soil sampling, fertilizer recommendation.

**INTRODUÇÃO:** A Agricultura de Precisão (AP) baseia-se na premissa de que a gestão dos fatores de produção pode ser melhorada, e a rentabilidade potencialmente elevada, quando os produtores tirarem proveito de informações de variabilidade espacial e tecnologias de aplicação de insumos a taxas variáveis. No processo de amostragem do solo, seguindo os princípios da AP, as amostras são coletadas na maioria das vezes considerando uma grade amostral (CAON; GENÚ, 2013). A amostragem em grade, a depender da variabilidade espacial dos atributos do solo, pode aumentar o custo da produção, devido ao grande número de amostras necessárias para representar a realidade do campo (MOLIN et al., 2015) e conseqüentemente pode aumentar ou diminuir a quantidade de insumos a ser aplicado a taxa variável. Além da amostragem do solo em grade, é possível identificar e analisar as áreas de produção através da divisão em zonas de manejo, nas quais os atributos do solo possuem características homogêneas (MOLIN, 2002). Para adoção da AP, torna-se requisito essencial e de eficiência do planejamento agrícola obter um número ótimo de amostras de solo que possibilite economia financeira, reduza a mão de obra e o tempo de coleta e, ao mesmo tempo, reflita precisamente as características do campo (CAON; GENÚ, 2013). Apesar de muitos estudos econômicos sobre AP ou tecnologia de aplicação diferenciada desenvolvidos no Brasil, são poucos os trabalhos no país sobre a influência de diferentes métodos e/ou densidades de amostragem do solo na quantidade e nos custos da aplicação dos corretivos e fertilizantes (SILVA et al., 2007). Desta forma, objetivou-se avaliar a quantidade e os custos de corretivos e fertilizantes associados à implantação dos planos de amostragem em grade e baseado em zonas de manejo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado no município de São Desidério (12° 45' 43,20" S; 45° 15' 3,60" W), região oeste do Estado da Bahia. Inicialmente realizou-se a delimitação da área e gerou-se uma malha com 50 células de 100 m x 100 m, tendo-se uma relação de uma amostra por hectare (1A/1ha). Com base na malha amostral de 1A/1ha, a coleta de solo foi realizada em uma profundidade de 0 - 20 cm. Em laboratório foram determinados, conforme EMBRAPA (1997), os parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e acidez potencial (H+Al). A partir dos resultados dessas análises, determinaram-se a Soma de Bases (SB) e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) em pH 7,0, e a Saturação por Bases (V). Para avaliar o efeito da redução do adensamento amostral na variabilidade espacial dos atributos químicos, e conseqüentemente na recomendação de calcário, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), foram criados os planos para células maiores, a partir da malha amostral de 1A/1ha. Os planos criados foram: uma amostra em dois hectares (1A/2ha), uma amostra em quatro hectares (1A/4ha) e uma amostra em nove hectares (1A/9ha). A análise da variabilidade espacial dos atributos químicos para cada grade de amostragem foi realizada através dos semivariogramas no programa GS+, Versão 7. O plano de amostragem baseado em zonas de manejo (ZM) foi definido utilizando-se o mapa do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) da área de estudo, gerado a partir de levantamento aéreo utilizando-se um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). O voo com o VANT foi realizado durante o ciclo de desenvolvimento da cultura implantada na área, que, neste caso, foi a soja. A cultura, na data do voo, estava com 46 dias após o plantio, equivalente ao estágio fenológico V6. Após o levantamento aéreo e a geração do ortomosaico da área, realizou-se o cálculo do mapa de NDVI. Com a definição de filtros, e utilizando a calculadora raster disponível no QGIS, o mapa de NDVI foi classificado em três classes: alta, que apresentou NDVI de 60 a 100% do NDVI médio da área; média, que teve NDVI de 40 a 60% do NDVI médio da área; e baixa, com NDVI abaixo de 40% do NDVI médio da área. De posse do mapa com as classes de NDVI, definiu-se a densidade amostral (DA) para a coleta das amostras de solo, sendo coletadas três amostras para cada ZM. Para a realização das coletas de solo em cada ZM, os pontos foram escolhidos de acordo a coincidência com os pontos amostrados na relação de 1A/1ha. De acordo com os planos de amostragem em grade e baseado em ZM, realizou-se o levantamento da quantidade de insumos recomendados nos sistemas produtivos, além dos custos associados à implantação de cada um dos planos. Os insumos necessários ao desenvolvimento da planta (cultura da soja), considerados neste trabalho, foram o calcário (PRNT 90%), cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O) e superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para o levantamento da quantidade de calcário, utilizou-se o método de V, conforme proposta de Sousa e Lobato (2004). O levantamento da quantidade de fertilizantes foi realizado com base na necessidade nutricional da cultura e na disponibilidade destes elementos no solo, conforme proposta de Sousa e Lobato (2004),

considerando a variabilidade espacial dos nutrientes, ou seja, com base nos mapas de déficit e excesso dos nutrientes da área, para posterior recomendação a taxa variável. Para os insumos, os preços utilizados para o cálculo foram obtidos em lojas de revenda, buscando-se, com isso, refletir os preços efetivamente pagos pelos produtores. Para efeito de cálculo, considerou-se o valor médio de R\$ 80,00, R\$ 717,00 e R\$ 1.160,00 por tonelada de calcário, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 apresenta-se a necessidade total de calagem de acordo com a Amostragem em Grade (AG) e Zonas de Manejo (AZM). Para as diferentes densidades amostrais da AG, percebe-se que as necessidades aumentaram à medida que se reduziu a densidade amostral para até 1A/4ha. A menor necessidade de calcário, referente à amostragem de 1A/9ha, ocorreu em função de maior coincidência de pontos amostrais em regiões nas quais a saturação por base estava próxima de 60% (saturação por base desejada). Em relação aos métodos de amostragem de solo, observa-se que na recomendação considerando a AZM, a aplicação de calcário seria de aproximadamente de 1.000 kg a menos do que aquela que leva em conta a AG na densidade amostral de referência (1A/1ha). Esse resultado demonstra que a AZM conseguiu representar a mesma variabilidade detectada na AG na densidade amostral de referência (1A/1ha). Na Tabela 2 verifica-se que à medida que foi reduzida a densidade amostral, houve tendência de redução das necessidades totais dos fertilizantes. Nos locais cujos teores de P e K estavam adequados, a necessidade de fertilizantes foi estimada considerando a expectativa de rendimento de cinco toneladas por hectare. Onde os teores estavam altos, a recomendação foi realizada considerando 50% para a mesma expectativa, visando reduzir a amplitude dos teores considerados altos e conseqüentemente melhorar as relações entre as bases. As menores necessidades totais dos fertilizantes na AZM devem-se a alta fertilidade do solo, que elevou as médias dos níveis de P e K nas ZM a valores superiores a mais elevada classe de recomendação para adubação da soja, acarretando a mínima adubação necessária para a área total (25 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Cherubin et al. (2011), analisando a viabilidade técnica e econômica da utilização de taxa variável em área manejada com AP, observaram que a superestimativa dos teores de P, em amostragem convencional e em ZM, estava relacionada à amplitude dos dados e, assim, os pontos com altos teores elevaram consideravelmente os valores médios. A aplicação de doses subestimadas de fertilizantes pode ocasionar maiores prejuízos do que doses superestimadas, tendo em vista que ocasionam menor desenvolvimento das culturas e conseqüentemente reduzem a produtividade. Uma dose superior à referência de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que é um elemento de baixa mobilidade no solo e que praticamente não sofre perdas por lixiviação (SANTOS et al., 2008), ficará armazenada no solo e poderá ser utilizada pelas plantas durante seu desenvolvimento ou em cultivos subseqüentes. Doses superestimadas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no entanto, podem apresentar um elevado risco ao meio ambiente, quando perdas por erosão superficial, por meio de carreamento para as vias hídricas, e provocar a eutrofização dos rios. Pela análise dos valores da Tabela 3 verifica-se que a diferença entre os elementos químicos e as quantidades a serem aplicadas, associadas à AG e à AZM, refletiu nos custos dos corretivos e fertilizantes, ou seja, o mesmo comportamento observado na necessidade de corretivos e fertilizantes foi observado nos custos. Apesar de algumas densidades amostrais terem apresentado menores quantidades de insumos, não devem ser utilizadas como critério para futuras amostragens na área, tendo em vista que não conseguiram mostrar a variabilidade espacial no processo geoestatístico de predição dos teores nutricionais em locais não amostrados.

TABELA 1. Necessidade total de calagem de acordo com a Amostragem em Grade (AG) nas diferentes densidades amostrais e Amostragem em Zonas de Manejo (AZM)

Método/Densidade amostral	Necessidade de calagem (PRNT 90%) (kg)	
AG	1A/1ha	36.020
	1A/2ha	38.180
	1A/4ha	44.500
	1A/9ha	27.540
AZM	3A/ZM	34.960

1A/1ha: uma amostra em um hectare; 1A/2ha: uma amostra em dois hectares; 1A/4ha: uma amostra em quatro hectares; 1A/9ha: uma amostra em nove hectares; 3A/ZM: três amostras por zona de manejo; e PRNT: poder relativo de neutralização total.

Tabela 2. Necessidade total de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O de acordo com a Amostragem em Grade (AG), nas diferentes densidades amostrais, e Amostragem em Zonas de Manejo (AZM)

Método/Densidade amostral	Necessidade total		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg)	K <sub>2</sub> O (kg)	
AG	1A/1ha	1.505	2.466
	1A/2ha	1.430	2.737
	1A/4ha	1.271	2.235
	1A/9ha	1.816	1.780
ZM	3A/ZM	1.270	1.779

1A/1ha: uma amostra em um hectare; 1A/2ha: uma amostra em dois hectares; 1A/4ha: uma amostra em quatro hectares; 1A/9ha: uma amostra em nove hectares; e 3A/ZM: três amostras por zona de manejo.

De maneira geral, o método de AZM apresentou os melhores resultados em comparação à AG, no que se refere à quantidade de insumos e custos para a correção e fertilização da área em estudo. Além da menor quantidade dos insumos, possibilitou a distribuição da quantidade de corretivos e fertilizantes em cada ZM a níveis próximos do requerido, de acordo com as variações nutricionais detectadas pela AG na densidade amostral de referência, no entanto, com número de pontos amostrados reduzido em relação à AG na densidade amostral de referência.

Tabela 3. Comparação dos custos dos corretivos e fertilizantes associados à Amostragem em Grade (AG), nas diferentes densidades amostrais, e Amostragem em Zonas de Manejo (AZM)

Método/Densidade amostral		Calcário	Superfosfato	Cloreto de potássio
		(R\$)	simples (R\$)	(R\$)
AG	1A/1ha	2.882,00	5.938,00	4.932,00
	1A/2ha	3.054,00	5.640,00	5.473,00
	1A/4ha	3.560,00	5.012,00	4.469,00
	1A/9ha	2.203,00	7.165,00	3.558,00
ZM	3A/ZM	2.797,00	5.011,00	3.557,00

1A/1ha: uma amostra em um hectare; 1A/2ha: uma amostra em dois hectares; 1A/4ha: uma amostra em quatro hectares; 1A/9ha: uma amostra em nove hectares; e 3A/ZM: três amostras por zona de manejo.

**CONCLUSÕES:** A diminuição da densidade amostral na AG resultou em maior recomendação para o calcário, e menores recomendações para os fertilizantes superfosfato simples e cloreto de potássio. A recomendação de calcário com base na amostragem baseada em ZM foi similar, em termos quantitativos, à recomendação da amostragem de referência.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB, pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS:

- CAON, D.; GENUÍ, A. M. Mapeamento de atributos químicos em diferentes densidades amostrais e influência na adubação e calagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.17, n.6, p.629-639, 2013.
- CHERUBIN, M. R. et al. Demonstração da viabilidade técnica e econômica da utilização de taxa variável em área manejada com agricultura de precisão. **Enc. Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-10, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- MOLIN, J. P. Definição de Unidades de Manejo a partir de mapas de Produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 22, p.83-92, 2002.
- MOLIN, J. P. et al. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 238 p.
- SANTOS, D. R. et al. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.
- SILVA, C.B. et al. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. **Precision Agriculture**, v.8, n.11, p. 255-265, 2007.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2. ed. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.