

# UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Gustavo D. C. FAULIN<sup>1</sup>, E-mail: gfaulin@yahoo.com.br; José P. MOLIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP

## Resumo:

O café foi introduzido no Brasil no século XVIII, iniciando-se, desde então, uma história de sucesso que hoje sofre com a perda da importância na economia brasileira em função das produções mundiais, que cresceram rapidamente, levando a uma concorrência em preço. Buscando uma maior produtividade e qualidade na produção, há a necessidade da adoção de novas tecnologias como a agricultura de precisão. Para atestar a adoção dessa tecnologia, o objetivo da pesquisa foi comparar a influência da adubação do nitrogênio, fósforo e potássio, feita em doses variadas com a adubação em dose fixa na produtividade do cafeeiro. A adoção dos conceitos da agricultura de precisão proporcionam um aumento significativo da produtividade nas duas áreas estudadas.

Palavras-chave: mapas de produtividade, adubação em taxa variada, *Coffea*.

## PRECISION AGRICULTURE CONCEPTS IN THE COFFEE CROP

### Abstract:

Coffee was introduced in Brazil in the 18<sup>th</sup> century, starting a successful history. Recently, it has suffered with the decreasing importance in the Brazilian economy due to the productions throughout the world, which has grown quickly, propitiating a price competition. The search for higher yields and quality demands the adoption of new technologies such as the precision agriculture. In order to attest it, this study compared the effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizations, at variable rate with the fertilizer at constant rate in the coffee yield. Precision agriculture concepts adoption provided a significant increase of the yield in two studied areas.

Key words: yield maps, variable rate fertilizer, *Coffea*.

### Introdução

O café foi introduzido no Brasil no século XVIII, iniciando-se, desde então, uma história de grande sucesso. Teve grande influência na colonização e desenvolvimento do Brasil e assume hoje um importante papel econômico e social. A cafeicultura brasileira foi, durante várias décadas, a atividade econômica mais importante da nação, sendo suplantada aos poucos e apenas recentemente pelo setor industrial.

Segundo Wiesel (1981), para a sobrevivência de nossa cafeicultura, o Brasil tem que seguir o caminho da qualidade. Assim sendo, o amplo conhecimento das técnicas de produção de cafés finos, ou seja, de alta qualidade, é indispensável para a cafeicultura moderna.

Embora a adubação influa na qualidade da bebida, são escassos os trabalhos que relacionam a composição química do solo, os tratamentos culturais e a composição da folha e dos frutos (NOGUEIRA et al., 2001). Para Miranda et al. (2005), a variabilidade de uma área influencia fatores de produção ligados à disponibilidade de nutrientes. Se for constatada a variabilidade espacial destes fatores e da produtividade das culturas, a localização das regiões de alto e baixo potencial produtivo pode trazer benefício pela adoção de estratégia de manejo localizado.

Segundo Salviano (1996), poucos trabalhos têm sido conduzidos sobre as relações entre a variabilidade dos atributos do solo e a variabilidade da produtividade. De acordo com Mulla et al. (1990), a variabilidade dos atributos do solo influencia a eficiência do manejo e o desenvolvimento da cultura. A variação dos atributos do solo causa rendimento desuniforme, mesmo em pequenas áreas. Assim, entender como a distribuição espacial dos atributos dos solos funciona é importante para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas, não somente à otimização da produtividade agrícola, mas também para a minimização de possíveis danos ambientais (McBRATNEY; PRINGLE, 1999).

Na agricultura de precisão, para o manejo localizado da produtividade agrícola, o conhecimento da variabilidade dos atributos de solo e planta é necessário. Hoje já são disponíveis ferramentas que possibilitam a coleta, armazenamento e análise de dados, viabilizando estudos dessa natureza.

De acordo com Balastreire (1998) a agricultura de precisão é um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas e Queiroz et al. (2000) consideram que é a tecnologia cujo objetivo consiste em aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas na agricultura, modificando as técnicas existentes e incorporando novas ferramentas aos especialistas em manejo agrícola.

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e da planta encontrada nos talhões e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da

produção (SCHUELLER, 1992). A agricultura de precisão é um sistema contínuo e muitas das etapas se repetem a cada ciclo da cultura. Seu ciclo completo realiza-se quando é feita a intervenção nos fatores de produção que foram considerados relevantes para o manejo da variabilidade da produção (MOLIN, 2001).

Segundo Oliveira (2003), trabalha-se em agricultura de precisão desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 80, quando em 1988, nos EUA, fez-se a primeira adubação em tempo real com doses variadas (STAFFORD, 2000).

Também, no final dos anos 80, ocorreram as primeiras tentativas para a mensuração do escoamento de grãos em colhedoras. Mais recentemente, com os avanços da agricultura de precisão, diversas outras culturas têm recebido atenção no desenvolvimento de monitores de produtividade.

A colheita mecanizada do café iniciou-se no Brasil em 1979, com o lançamento da colhedora de café marca Jacto<sup>®</sup> modelo K3, e as técnicas de agricultura de precisão referentes à cultura do café somente recentemente têm gerado debates importantes (MOLIN et al., 2002).

Leal (2002), desenvolveu um sistema de mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café por meio da adaptação, construção e utilização de um sistema automático de pesagem de grãos, construído de uma estrutura de ferro apoiada sobre quatro células de carga e suportando um “bigbag” utilizado como depósito dos grãos colhidos. Oliveira (2003), estudou, por meio de coleta manual, a variabilidade espacial da produção do café de montanha. Em ambos trabalhos foi verificada a variabilidade espacial da produtividade, fortalecendo o conceito de agricultura de precisão para o gerenciamento localizado da cultura.

No ano de 2000, um sistema automático para mensuração de fluxo volumétrico de café colhido mecanicamente foi desenvolvido e incorporado pela Jacto<sup>®</sup> na colhedora de café Jacto K3 e testado em duas lavouras de café, no estado de São Paulo. A obtenção de dados de produtividade mostrou-se apropriada, prática, suficientemente acurada e possível de ser incorporada ao projeto da colhedora (SARTORI et al., 2002). Em experimento conduzido nessas mesmas lavouras, Molin et al. (2002) observaram uma acentuada variabilidade da produtividade nos dois talhões, o que indicou a viabilidade de definição de unidades de gerenciamento diferenciado, especialmente para aplicação de fertilizantes. Ainda, segundo os mesmos autores, correlações entre componentes da fertilidade do solo e a produtividade, apesar dos baixos valores obtidos, ofereceram importantes indicações.

A adubação é uma ferramenta complementar no conjunto solo-planta-clima. Considerando que o custo de fertilizantes contribui, em média, com aproximadamente 30% do custo total da produção em culturas anuais (FAGERIA, 1998), a otimização da eficiência nutricional é fundamental para melhorar a produtividade e reduzir o custo de produção.

Recentemente, avanços tecnológicos mostram que é possível alocar os insumos com base nas necessidades de cada área no campo. Na Europa e EUA, com a preocupação da contaminação do lençol freático com nitrato, os estudos a respeito da tecnologia da aplicação em dose variada de insumos recebem uma importância maior.

Tradicionalmente, os agricultores têm feito amostragem de solo de uma dada área e uniformizam as sub-amostras em uma única amostra que possa representar as características de fertilidade daquela área. Com base nessa interpretação, fazem aplicações de doses uniformes de insumos. No entanto, as propriedades destes solos podem variar de local para local dentro da mesma lavoura (SCHUELLER, 1992; WIEDA; BORGELT, 1993).

Diante da necessidade de uma adubação correta para garantir a quantidade e qualidade da produtividade, o objetivo deste trabalho é comparar a influência da adubação do nitrogênio, fósforo e potássio, feita em doses variadas, com a adubação em dose fixa na produtividade da cultura do café.

## Material e Métodos

Foram utilizadas duas áreas comerciais cultivadas com a espécie *Coffea arabica* L., descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das áreas experimentais.

Descrição	Local	Área (ha)	Variedade	Implantado
Área 1	Gália, SP	8,29	Mundo Novo	1995
Área 2	Patrocínio, MG	4,64	Catuai	1997

As fazendas têm como procedimento normal no manejo da adubação a aplicação de calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, cobre, boro e zinco em dose fixa para cada talhão.

O experimento foi composto por dois tratamentos. Cada tratamento corresponde a uma linha de plantio. No tratamento 1 (dose fixa = testemunha) as adubações foram feitas com uma dose fixa para cada nutriente, estabelecida com base no critério adotado pelas fazendas no manejo das adubações. O tratamento 2 (taxa variável) recebeu doses variadas dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, permanecendo para o restante dos nutrientes a mesma dose fixa utilizada no tratamento 1.

Para o estabelecimento das doses aplicadas foram feitas amostragens de solo. As amostras de solo foram coletadas de duas maneiras, ambas representando a camada de solo de 0,20 m. No tratamento 1, com adubações em dose fixa, o método amostral foi o mesmo adotado pelas fazendas, com uma amostra composta por no mínimo 20 sub-amostras distribuídas aleatoriamente na área. No tratamento 2, as amostras foram coletadas respeitando a grade amostral pré-determinada com densidade de 4 amostras ha<sup>-1</sup>. Cada amostra foi composta por 9 sub-amostras distanciadas a 0,60 m da linha das plantas.

Também foram utilizados os dados das produtividades anteriores, respeitando a bi-anualidade da cultura do café, estabelecendo deste modo as doses dos fertilizantes em função da produtividade esperada para 2006 e da análise de solo.

Utilizando um protótipo de adubadora de arrasto, com dosadores volumétricos de duas esteiras individuais e distribuição pneumática na faixa da projeção da copa das plantas, equipada com controlador para aplicação em dose variada, pode-se trabalhar com uma esteira em dose fixa e outra em dose variável comandada pelo mapa de aplicação.

A colheita foi realizada de forma mecânica pela colhedora marca Jacto<sup>®</sup>, modelo K3, equipada com um monitor de produtividade como descrito por Sartori et al. (2002). Colheu-se um tratamento por vez, a fim de gerar os mapas de produtividade para cada tratamento.

A mensuração da produtividade no monitor de colheita é feita em litros de café colhido, necessitando de um fator que corrija o volume para massa de café beneficiado, esse fator é obtido através de amostragens do volume colhido, procedendo com o beneficiamento dessas amostras e estabelecendo, assim, o valor do fator. Essas amostragens foram feitas no decorrer da colheita para cada tratamento, amostrando um litro de café no ponto de descarga da máquina em cinco pontos aleatórios.

Os dados de produtividade foram submetidos a uma filtragem, para retirada de valores discrepantes, adotando a metodologia adaptada de Menegatti e Molin (2003).

Utilizando a metodologia proposta por Tukey (1977) foram identificados valores passíveis de serem discrepantes nas populações amostrais das amostragens de solo, das recomendações de adubação e da produtividade. As amostras cujos valores são menores do que o quartil inferior menos 1,5 vezes a amplitude interquartílica e maiores do que o quartil superior mais 1,5 vezes a amplitude interquartílica, são considerados como extremos, podendo ser candidatos à exclusão, se confirmadas pela análise exploratória.

A análise exploratória consiste em visualizar espacialmente os valores candidatos a discrepantes na área experimental. Se esses valores estiverem localizados de forma aglomerada ou em regiões conhecidamente diferenciadas, não são considerados discrepantes, mas, se não apresentarem nenhum indício de que fazem parte de uma região diferenciada, são considerados discrepantes e removidos da população amostral.

A partir do conjunto de dados filtrados realizou-se as análises da estatística descritiva e com isso foi possível identificar se os valores dos nutrientes estavam em níveis adequados no solo, segundo a classificação de Raij et al. (1997), e observar suas variações.

Após descritas estatisticamente as populações, procedeu-se com a análise geoestatística. A análise de dependência espacial foi feita por meio do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas. Após a análise de dependência espacial foi possível estimar os valores em locais não amostrados para cada variável estudada, com o intuito de gerar mapas de superfície, utilizando o recurso da krigagem ordinária por blocos.

## Resultados e Discussão

As diferenças em função da adoção de alguns conceitos da agricultura de precisão podem ser observadas nos mapas de produtividade do ano de 2006 (Figura 1).

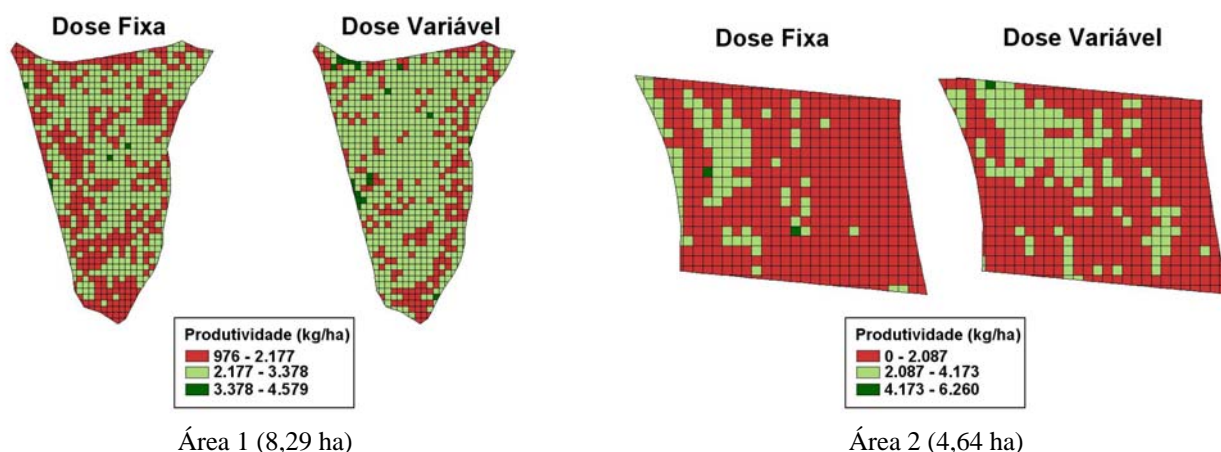


Figura 1 – Produtividade do cafeeiro em 2006, representada por superfícies interpoladas pelo processo de krigagem com células de 10 x 10 m.

As diferenças observadas na Figura 1 são conseqüências da aplicação dos conceitos da agricultura de precisão no manejo da adubação, causando acréscimos significativos nas produtividades das duas áreas no ano de 2006.

A Tabela 2 apresenta algumas informações da análise estatística da produtividade para os dois tratamentos.

Tabela 2 – Estatística descritiva da produtividade de 2006 das duas áreas experimentais.

Tratamentos	Número de amostras	Média	Produtividades		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
			Mínima	Máxima		
Área 1						
1 (dose fixa)	3.817	2.276,8	680,8	4.255,2	548,8	24,1
2 (dose variável)	3.853	2.447,1	607,2	4.968,4	613,0	25,1
Área 2						
1 (dose fixa)	1.860	1.498,0	305,9	8.259,0	986,6	65,9
2 (dose variável)	1.762	1.738,0	257,9	5.673,4	1.090,0	62,7

O ganho de produtividade foi de 7,48% na área 1 e 16,02% na área 2. Esses dados corroboram com os apresentados por Molin et al. (2006), que observaram 34% de aumento na produtividade aplicando os conceitos da agricultura de precisão nesta mesma área 1 em 2004.

A aplicação dos conceitos da agricultura de precisão no manejo da adubação nestas lavouras de café apresentou um importante incremento na produtividade.

### Conclusões

A aplicação dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, em dose variável no manejo da adubação, proporcionou um aumento na produtividade das duas áreas estudadas.

### Referências Bibliográficas

BALASTREIRE, L.A. **Agricultura de precisão**. Piracicaba: o autor, 1998. 81 p.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan-abr. 1998.

LEAL, J.C.G. **Mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café**. 2002. 74 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

McBRATNEY, A.B.; PRINGLE, M.J. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. **Precision Agriculture**, Springer, v. 1, n. 2, p. 125-152, set. 1999.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Metodologia para identificação e caracterização de erros em mapas de produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 367-374, mai-ago. 2003.

MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, T.S.; LEVIEN, S.L.A.; SOUZA, E.R. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 242-249, abr-jun. 2005.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão**: o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba: o autor, 2001. 83 p.

MOLIN, J.P.; MOTOMIYA, A.V.A.; FRASSON, F.R.; SENATORE, G.M.; FAULIN, G.D.C.; KOBOTSU, T.; TOSTA, W. Taxa variada de P e K em um cafezal e sua influência na produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **ConBAP: trabalhos...** Piracicaba: ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.

MOLIN, J.P.; RIBEIRO FILHO, A.C.; TORRES, F.P.; SHIRAI, L.E.; SARTORI, S. Precision agriculture for coffee in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2002, Minneapolis. **Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture**: trabalhos... Minneapolis: University of Minnesota; ASA; CSSA; SSSA, 2002. 1 CD-ROM.

MULLA, D.J.; BHATTI, A.V.; KUNKEL, R. Methods for removing spatial variability from field research trials. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 13, p. 201-213. 1990.

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Adubação potássica do cafeeiro**: sulfato de potássio. Washington: SOPIB, 2001. 81p. (SOPIB. Boletim Técnico, 1).

OLIVEIRA, A.S.C. **Mapeamento da variabilidade espacial da produção na cafeicultura de montanha**. 2003. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

QUEIROZ, D.M.; de DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A.B.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.T. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. cap. 1, p. 1-42.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

SALVIANO, A.A.C. **Variabilidade de atributos de solo e de *crotalaria juncea* L. em solos degradados do município de Piracicaba-SP**. 1996. 91 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutricao de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SARTORI, S.; FAVA, J.F.M.; DOMINGUES, E.L.; RIBEIRO FILHO, A.C.; SHIRAI, L.E. Mapping the spatial variability of coffee yield with mechanical harvester. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** St. Joseph: ASAE, 2002. p. 196-205.

SCHUELLER, J.K. Review and integrating analysis of spatially variably crop control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, p. 1-34, 1992.

STAFFORD, J.V. Implementing precision agriculture in the 21<sup>st</sup> century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v. 76, n. 3, p. 267-275, jul. 2000.

TUKEY, J.W. **Exploratory data analysis**. Princeton: Addison-Wesley, 1977. 688 p.

WIEDA, R.; BORGELT, S.T. **Geostatistical analysis of plant nutrients from sample nested grids**. St. Joseph: ASAE, 1993. 14 p. (Paper MCR93-131)

WIEZEL, J.B.C. **Qualidade da bebida de café**. Piracicaba: Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, 1981. 24 p.