

VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ADUBAÇÃO DIFERENCIADO COMPARADO AO SISTEMA DE ADUBAÇÃO CONVENCIONAL EM LAVOURA CAFEIEIRA: UM ESTUDO DE CASO

GABRIEL A. E S. FERRAZ¹, FÁBIO M. DA SILVA², FRANCISVAL DE M. CARVALHO³,
PEDRO A. N. DA COSTA⁴, LUIS C. C. CARVALHO⁵

RESUMO: A agricultura de precisão surge como uma importante ferramenta para maximizar o gerenciamento da atividade cafeeira, principalmente para esta cultura, que possui elevado custo de produção. O presente trabalho teve por objetivo fazer um estudo comparativo da viabilidade econômica de dois sistemas de adubação na lavoura cafeeira: o sistema utilizando as técnicas da agricultura de precisão e o sistema de aplicação convencional. Os dados utilizados foram extraídos dos custos de produção da fazenda Brejão, no sul de Minas Gerais, em três áreas (22 ha, 10,52 ha e 6,23 ha), onde foram realizadas aplicações de adubos de forma diferenciada nas safras de 2007/2008 e 2008/2009. O sistema de adubação em agricultura de precisão caracterizou-se por coleta de amostras de solo, georreferenciadas, e aplicação diferenciada de fósforo e potássio. Os custos da adubação convencional foram obtidos por meio de simulações, considerando a amostragem convencional do solo realizada nas glebas. Para efeito comparativo entre os sistemas de adubação, foram consideradas as operações e as quantidades de adubos necessárias em cada sistema. Entre os dois sistemas, observou-se diferenças de aplicação dos elementos fósforo e potássio, e também nas quantidades aplicadas. A adubação diferenciada foi vantajosa para as áreas de 22 ha e 10,52 ha, nas duas safras em estudo, e para a área de 6,23 ha só foi vantajosa (menor prejuízo) na safra de 2008/09.

PALAVRAS-CHAVE: adubação a taxas variáveis, agricultura de precisão, custos, viabilidade, cafeicultura, adubação convencional.

ECONOMIC VIABILITY OF THE VARIABLE RATE TECHNOLOGY COMPARED TO THE TRADITIONAL SYSTEM OF FERTILIZATION IN A COFFEE FIELD: A CASE STUDY

ABSTRACT: The precision agriculture appears as an important tool to improve coffee field management, mainly to this culture that has high production costs. The present work intended to accomplish a comparative study of the economic feasibility of two fertilizer systems: one using the precision agriculture and other using conventional fertilization. The data base used were extracted from the production costs of the Brejão farm, in south of Minas Gerais, in three areas (22 ha, 10.52 ha and 6.23 ha), where were applied fertilizer in variable rates in the 2007/2008 and 2008/2009 harvests. The precision agriculture was characterized by the georeferenced soil sampling and the application of phosphorus and potassium in variable rates. The conventional fertilization costs were obtained by simulations considering the traditional soil sampling performed at these areas. In order to compare the two fertilization systems, it was considered the operations and the amount of fertilizer necessary in each of the fertilization system. It was realized differences in the elements and in the amount that should be applied between the two systems. The variable rate fertilization was more profitable to the area of 22 ha and 10.52 ha in the two harvests studied and to the area of 6.23 ha was profitable (less prejudice) only to the last crop.

KEYWORDS: variable rates of fertilizer, precision agriculture, costs, viability, coffee, conventional fertilization.

¹ Prof. M.Sc., Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica - RJ, Doutorando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFLA, Lavras - MG, gabrielferraz@ufrj.br.

² Prof. Dr., Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras - MG, famsilva@ufla.br.

³ Prof. Dr., Departamento de Administração e Economia, UFLA, Lavras - MG, francarv@dae.ufla.br.

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras - MG, pedro_negrini@yahoo.com.br.

⁵ Eng^o Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola PPGEA/UFLA, Lavras - MG, lccc.87.ufla@hotmail.com.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 2-9-2010

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 30-5-2011

INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos agrícolas na pauta das exportações brasileiras, constituindo um grande fornecedor de receitas cambiais (SILVA & REIS, 2001). Por ser uma cultura que apresenta elevado custo de produção, os cafeicultores estão sempre em busca da redução destes custos (OLIVEIRA et al., 2007 b; RIBEIRO et al., 2009). Desta forma, possuir o domínio e o conhecimento de técnicas de produção e de manejo envolvidas na atividade cafeeira, bem como saber o efeito por elas causado na produção e no desenvolvimento da planta, é de suma importância para sua sustentabilidade e viabilidade econômica (CUSTÓDIO et al., 2007).

De acordo com BLISKA et al. (2009), nos últimos anos, o agronegócio do café brasileiro internalizou novas técnicas de produção que promoveram impactos positivos sobre produtividade, competitividade e qualidade final do produto.

Segundo OLIVEIRA et al. (2007 a), SILVA et al. (2008) e CARVALHO et al. (2009), a agricultura de precisão apresenta-se como um conjunto de tecnologias capaz de auxiliar o produtor rural a identificar as estratégias a serem adotadas para aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura. Inclui maximizar a rentabilidade das colheitas, tornando o agronegócio mais competitivo face ao processo de globalização da economia e contribuir, assim, para o sucesso da atividade agrícola.

Como foi colocado acima, a agricultura de precisão não é apenas uma ferramenta tecnológica, mas constitui, sim, um conjunto de tecnologias e de componentes, com muitos dos quais os agricultores podem optar por formar um sistema que atenda a suas necessidades e a seu estilo de gestão (BATTE & EHSANI, 2006).

De acordo com HURLEY et al. (2005), MZUKU et al. (2005) e DERCON et al. (2006), a agricultura de precisão 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. Porém, de acordo com RIDER et al. (2006), as reduções na aplicação de insumos são relacionadas a fatores complexos da planta, como o potencial produtivo, e a fatores ambientais, tais como chuva e propriedades do solo. Isto torna ainda mais importante os estudos de viabilidade econômica da utilização da agricultura de precisão.

SILVA et al. (2004) citam que o adequado emprego da tecnologia de agricultura de precisão deve basear-se em análises econômicas que mostram seus benefícios, como o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção. Paralelamente, tais informações permitem a racionalização da utilização de insumos agrícolas, minimizando os impactos ambientais da atividade.

Segundo ROBERT (2003), os resultados obtidos pelos estudos de viabilidade econômica da agricultura de precisão variam devido a fatores como: diferenças das condições naturais, tais como clima, relevo e solo; situações distintas de produção, tais como infestações fitossanitárias, características fisiológicas (culturas, cultivares, idade, etc.) e manejo (sistema de plantio, sistemas de colheita, sistemas de irrigação, mecanização, sistemas de adubação e pulverização, etc.); diferentes metodologias usadas na análise econômica; dificuldade em determinar os benefícios da tecnologia de informação e aumento da proteção ambiental.

Muitos estudos econômicos sobre agricultura de precisão ou tecnologia de aplicação diferenciada foram desenvolvidos (TOZER, 2009), porém estudos de análises econômicas para a adoção da agricultura de precisão no Brasil ainda foram pouco realizados (SILVA et al., 2007). Para a cafeicultura, não é diferente, embora esta tecnologia já esteja presente no agronegócio do café.

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo comparativo sobre a viabilidade econômica da utilização da agricultura de precisão na aplicação de fósforo e potássio a taxas variáveis quando

comparadas à aplicação destes mesmos produtos de forma convencional, em três lavouras cafeeiras, na cidade de Três Pontas, sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na Fazenda Brejão, localizada no município de Três Pontas, sul de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas centrais aproximadas de 21°26'08" de latitude sul e 45°24'53" de longitude oeste de Greenwich, com uma área plantada de 38,75 hectares de lavoura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), no espaçamento de 3,8 m entre linhas e 0,8 m entre plantas, totalizando 3.289 plantas ha⁻¹. O plantio dos cafeeiros foi realizado em dezembro de 2005. A área foi dividida em três glebas de diferentes tamanhos e com diferentes cultivares: Gleba 1 com 22 ha plantados com cafeeiro da cultivar Topázio, Gleba 2 com 10,52 ha plantados com cafeeiro da cultivar Mundo Novo (IAC 376-4) e a Gleba 3 com 6,23 ha plantados com cafeeiro da cultivar Acaíá (IAC 474-19).

Para a realização das análises econômicas, foram levantadas as informações de custo de todas as operações realizadas em cada gleba, considerando duas safras (2007/2008 e 2008/2009). Tais operações incluem: aplicação de herbicidas, de forma manual e mecanizada, capina manual, roçagem (manual e mecanizada), pulverização (manual e mecanizada), transporte de máquinas, equipamentos e pessoal, podas, desbrotas, plantios e replantios, retirada de cipó, calagem e gessagem e adubação.

Para a realização dos cálculos de custo de produção, foi utilizado o software Gerente Agrícola - versão 15.35. Neste software, são cadastrados todos os funcionários e seus respectivos salários, encargos sociais, de forma a se calcular o custo horário da mão de obra. Todas as máquinas e implementos possuem um cadastro de seu valor inicial, idade, consumo de combustível, preço do combustível, quantidade de horas utilizadas e manutenções realizadas. Desta forma, é calculado o custo horário, considerando também a depreciação do equipamento. Existe, ainda, o cadastramento do preço de aquisição e frete de todos os insumos (adubos, herbicidas, inseticidas e calcário).

As análises econômicas da operação de adubação química granular de fósforo e potássio foram realizadas por meio de um comparativo entre o sistema convencional e o sistema de aplicação diferenciada, levando-se em consideração os custos de amostragem do solo, análise de solo, mão de obra, adubo e maquinários utilizados, e considerando as outras operações iguais a ambos os sistemas. Os custos da aplicação, a taxa variável, foram levantados na propriedade, nas safras de 2007/2008 e 2008/2009, e, para aplicação convencional, foi realizada a simulação dos custos das operações para estas mesmas safras, considerando-se as amostras de solo realizadas nas glebas.

O sistema convencional caracteriza-se por realizar amostragens de solo de forma tradicional, em que um trado holandês é utilizado por um funcionário da própria fazenda. Para a coleta destas amostras, realizou-se um caminhamento na área para a coleta de 20 subamostras. Foram depois agrupadas e revolvidas, visando à homogeneização, de forma a constituir uma amostra composta. As amostras foram retiradas na projeção da saia do cafeeiro de 0 a 20 cm de profundidade, e de 20 a 40 cm, no mês de julho dos anos de 2007 e 2008. Desta forma, foram geradas duas amostras de solo para cada gleba, sendo uma de 0-20 cm e outra de 20-40 cm.

Já o sistema de aplicação diferenciada de fertilizantes baseia-se no uso das técnicas de Agricultura de Precisão. Para a coleta dos dados de fertilidade do solo, foi demarcada na área uma malha de um ponto por hectare, num total de 38 pontos amostrais georreferenciados. Para a demarcação dos pontos de coleta e para amostragem de solo, foi utilizado um quadriciclo equipado com broca pneumática e GPS geodésico. Em cada hectare, foi realizado um caminhamento aleatório para a coleta de oito subamostras que foram homogeneizadas para gerar uma amostra composta, cujo valor representa o ponto georreferenciado. Tais subamostras foram retiradas na projeção da saia do cafeeiro, de 0 a 20 cm de profundidade, no mês de julho dos anos de 2007 e 2008. Para a

realização da amostragem e do mapeamento dos atributos químicos do solo, contratou-se uma empresa especializada nesta operação que foi enquadrada como custo de amostragem do solo.

As amostras de solo, tanto a convencional quanto a diferenciada, foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solo e Folha da Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas (COCATREL) para se proceder às devidas análises. Os dados de solo analisados foram Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Saturação de Bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH).

No sistema de adubação diferenciada, após as análises laboratoriais das amostras do solo, foram produzidos mapas de variabilidade de cada atributo químico em questão. A partir da análise dos mapas de variabilidade, foram gerados mapas de recomendação de aplicação de fósforo e potássio para cada localidade. De posse destes mapas, e com um GPS de navegação, fez-se a demarcação na lavoura, para se realizar a aplicação, a taxa variada, dos adubos químicos.

As análises das amostras retiradas pelo método convencional resultaram em recomendações homogêneas de aplicação de fertilizantes, baseando-se, desta maneira, na média da gleba. Realizou-se uma simulação da aplicação convencional, procurando utilizar os mesmos adubos que foram aplicados na forma diferenciada, salvo quando as necessidades de um elemento químico não foram requeridas por um dos sistemas. Desta forma, os custos de cada fertilizante que se diferenciava entre os sistemas, foram computados pelo valor de compra destes adubos nas duas safras em questão. Os custos com máquinas (tratores e adubadoras) e mão de obra seguiram os valores horários pagos na adubação diferenciada.

Por se tratar de plantas novas, a primeira colheita só foi realizada no ano de 2008, desta forma, referente à safra de 2007/2008. A produtividade, em sacos beneficiados do sistema de adubação diferenciada, foi obtida por meio da colheita manual na safra de 2007/2008, e por meio de colheita manual e mecanizada na safra de 2008/2009.

A produtividade do sistema convencional foi simulada seguindo dois cenários: no primeiro, considerou-se a produtividade do sistema convencional como sendo a mesma obtida na adubação diferenciada; o segundo cenário seguiu os valores de produtividade encontrados por FAULIN (2010), no qual a aplicação de fertilizantes em doses variadas resultou em aumento médio de 4 sacas por hectare, durante os 4 anos de seu estudo, ou seja, 1 saca/ha/ano a mais que o sistema convencional. Sendo assim, neste último cenário, a produtividade do sistema convencional foi a produtividade por hectare obtida no sistema de adubação diferenciada menos 1 saca/ha.

Para se calcular a renda, levantou-se a produtividade por hectare de cada gleba, sendo esta multiplicada pelo valor médio de venda da saca de café no ano de 2008, para a safra de 2007/2008; e no ano de 2009, para a safra de 2008/2009, obtidas na Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (COOXUPÉ, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as quantidades dos elementos químicos fósforo e potássio, que foram requeridos em cada hectare para cada um dos sistemas de adubação, e em cada uma das duas safras abordadas neste estudo.

Observando-se a Tabela 1, para a Gleba 1, na safra de 2007/2008, a adubação diferenciada apresentou uma diminuição da quantidade de potássio (K) a ser aplicada com relação ao sistema convencional. Essa diminuição foi de 53 kg/ha. Para os valores de fósforo (P), não houve diferença, haja vista que nenhum sistema recomendou a aplicação deste elemento. Na safra de 2008/2009, houve aumento de 75 kg de P e 49 kg de K, no sistema convencional em relação ao sistema diferenciado.

TABELA 1. Quantidade de Fósforo (kg ha^{-1}) e Potássio (kg ha^{-1}) a ser aplicada em toda a lavoura sugerida, pelo método Convencional de Adubação e pelo método da Agricultura de Precisão, nas safras de 2007/2008 e de 2008/2009. **Amount of Phosphorus (kg ha^{-1}) and Potassium (kg ha^{-1}) to be applied on the field suggested by the fertilization conventional method and by the Precision Agriculture method on 2007/2008 and 2008/2009 crop.**

Sistema de Aplicação	Gleba 1		Gleba 2		Gleba 3	
	P	K	P	K	P	K
Safrá 2007/2008						
Convencional	0	53	45	35	0	59
Diferenciada	0	0	37	0	96	0
Safrá 2008/2009						
Convencional	75	151	0	140	0	157
Diferenciada	0	102	0	112	0	112

Os adubos aplicados no sistema diferenciado, na Gleba 1, foram: $477,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de 43-00-00 na safra de 2007/2008 e 309 kg ha^{-1} de 20-00-24; $268,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de Sulfato de Amônio (20-00-00), $277,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de 27-00-10 e 16 kg ha^{-1} de 43-00-00 na safra de 2008/2009. A simulação da aplicação convencional resultou na utilização de $88,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cloreto de Potássio e $477,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de 43-00-00, e na segunda safra foram utilizados $414,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Superfosfato simples; 309 kg ha^{-1} de 20-00-24, $268,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de 20-00-00; $277,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de 27-00-10; 16 kg ha^{-1} de 43-00-00 e 82 kg ha^{-1} de Cloreto de Potássio em cada hectare.

Ao observar a Tabela 2, pode-se perceber que o fato de se utilizar o Cloreto de Potássio na safra de 2007/2008, no sistema de adubação convencional, acarretou aumento de $\text{R\$ } 80,80 \text{ ha}^{-1}$ com fertilizantes, e $\text{R\$ } 11,25 \text{ ha}^{-1}$ com mão de obra. Mesmo com o aumento nos custos de amostragem do solo e mapeamento, e, ainda, de análise laboratorial destas amostras, que foram da ordem de $\text{R\$ } 31,87 \text{ ha}^{-1}$ e $\text{R\$ } 21,82 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente, a adubação diferenciada mostrou-se mais vantajosa, reduzindo os custos em $\text{R\$ } 38,36 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, em 6,53%.

Na segunda safra, os custos com fertilizantes na adubação diferenciada foi $\text{R\$ } 278,94 \text{ ha}^{-1}$, menor que no sistema convencional. Além disto, os gastos com mão de obra, tratores e adubadoras também foram menores. O mesmo não acontece com a amostragem de solo e mapeamento, e com as análises laboratoriais. Portanto, nesta safra, a redução de custos da adubação diferenciada foi de $\text{R\$ } 318,36 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, 23,76%

Na Tabela 1, observa-se também que, para a Gleba 2, na safra de 2007/2008, na adubação diferenciada, houve redução de 8 kg ha^{-1} de P e 35 kg ha^{-1} de K, quando comparado com o sistema convencional. Na safra de 2008/2009, a recomendação da adubação no sistema convencional foi de 28 kg ha^{-1} de K a mais do que a adubação no sistema diferenciado, e as recomendações de P foram iguais a zero para ambos os sistemas.

Na Gleba 2, foram aplicados, no sistema diferenciado, na safra de 2007/2008, $47,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de 00-20-00; $142,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Termofosfato e 423 kg ha^{-1} do adubo nitrogenado 43-00-00, e na safra de 2008/2009, foram aplicados 423 kg ha^{-1} de 20-00-24; $299,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de 20-00-00; $80,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de 27-00-10; 119 kg ha^{-1} de 21-00-00 e $142,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de 43-00-00. No sistema convencional, a simulação recomendou a aplicação de 58 kg ha^{-1} de 00-20-00; 185 kg ha^{-1} de Termofosfato, 58 kg ha^{-1} de Cloreto de Potássio e 423 kg ha^{-1} de 43-00-00, na safra 2007/2008; e na safra de 2008/2009 seriam aplicados $432,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de 20-00-24; $299,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de 20-00-00; $80,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de 27-00-10; $118,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de 21-00-00; $142,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de 43-00-00 e $47,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cloreto de Potássio.

TABELA 2. Custos (R\$ ha⁻¹) da adubação diferenciada realizada em cada gleba e os custos (R\$ ha⁻¹) da adubação convencional simulada para cada gleba, em duas safras. **Costs (R\$ ha⁻¹) of the differential fertilization accomplished in each area and the conventional fertilization costs (R\$ ha⁻¹) simulated to each area in two crops.**

Item do custo	Safra 2007/2008		Safra 2008/2009	
	Dif	Conv	Dif	Conv
Gleba 1				
Fertilizantes	461,05	541,84	927,33	1.206,27
Mão de obra	32,22	43,47	14,07	20,84
Tratores	-	-	14,45	71,42
Adubadoras	-	-	9,62	37,83
Coleta de Amostras de Solo	32,00	0,13	32,00	1,30
Análise de Solo Completa	24,00	2,18	24,00	2,18
Total	549,27	587,63	1021,48	1.339,84
Gleba 2				
Fertilizantes	523,29	602,17	1.245,30	1.289,08
Mão de obra	59,26	70,43	29,23	30,68
Tratores	-	-	18,22	24,90
Adubadoras	-	-	14,66	23,50
Coleta de Amostras de Solo	32,00	0,28	32,00	2,04
Análise de Solo Completa	24,00	4,56	24,00	4,56
Total	638,55	677,44	1.363,42	1.374,76
Gleba 3				
Fertilizantes	766,52	585,38	1.605,18	1.772,14
Mão de obra	80,93	48,37	40,13	42,82
Tratores	-	-	34,54	73,10
Adubadoras	-	-	28,25	53,32
Coleta de Amostras de Solo	32,00	0,47	32,00	3,44
Análise de Solo Completa	24,00	7,70	24,00	7,70
Total	903,45	641,92	1.764,10	1.952,53

As diferenças de adubos aplicados nos diversos sistemas em estudo refletem-se nos custos finais, que são apresentados pela Tabela 2. A adubação diferenciada, na safra de 2007/2008, apresentou redução de custos da ordem de R\$ 38,89 ha⁻¹ (5,74%) quando comparada com a adubação convencional. Essa diferença deve-se à redução dos custos com fertilizantes e mão de obra, que superaram o aumento de custos com a retirada de amostras do solo e sua análise laboratorial. Na safra de 2008/2009, a redução de custos da adubação diferenciada, comparativamente com a convencional, foi da ordem de R\$ 11,34 ha⁻¹, devido à redução de custos com fertilizantes, mão de obra, tratores e adubadoras. Esta redução de custos foi capaz de absorver o aumento dos gastos com coleta de amostras de solo e com análise laboratorial destas amostras.

Na Tabela 1, encontram-se ainda as quantidades de cada elemento a ser aplicadas na Gleba 3, nas duas safras em estudo. Na safra de 2007/2008, a adubação diferenciada recomendou a aplicação de 59 kg ha⁻¹ de K a menos do que a convencional; em contrapartida, a necessidade de P foi de 96 kg ha⁻¹ a mais que a convencional. Na safra de 2008/2009, a recomendação do sistema diferenciado foi de 45 kg ha⁻¹ de K a menos que a convencional, enquanto as recomendações de P foram iguais a zero para ambos os sistemas.

Ao se observar a diferença de quantidades necessárias de cada um dos elementos na Gleba 3, presume-se que resultará em recomendação distinta para cada sistema estudado. Assim, na adubação diferenciada, na safra de 2007/2008, aplicaram-se 481,5 kg ha⁻¹ de 00-20-00 e 513,6 kg ha⁻¹ de 43-00-00, enquanto na adubação convencional, a aplicação foi de 98 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio e 513,6 kg ha⁻¹ de 43-00-00. Pode-se perceber que, no sistema diferenciado,

houve a necessidade de se utilizar fertilizante fosfatado, e que no convencional a necessidade foi de fertilizante potássico. Desta maneira, o tipo de adubo exerceu forte influência na diferença nos custos de aquisição do adubo e de mão de obra para aplicá-lo, diminuindo os custos para o sistema convencional em R\$ 261,53 ha⁻¹ (28,94%) em relação ao sistema diferenciado (Tabela 2).

Na safra de 2008/2009, a adubação diferenciada já apresentou custos mais baixos em relação à adubação convencional. A diminuição dos custos foi da ordem de R\$ 188,43 ha⁻¹, ou seja, 9,65%, resultantes da redução de custos com fertilizantes, mão de obra, tratores e adubadoras, da ordem de R\$ 166,96 ha⁻¹, R\$ 2,69 ha⁻¹, R\$ 38,56 ha⁻¹ e R\$ 25,07 ha⁻¹, respectivamente. Isto demonstrou que a redução de custos com estes itens foi primordial para compensar o respectivo aumento de R\$ 28,56 ha⁻¹ e R\$ 16,30 ha⁻¹ devido à coleta e análise de amostras do solo.

BLISKA et al. (2009), em seu estudos, encontraram produtividade média do sul de Minas Gerais de 23,86 sacas/ha, resultando em um custo operacional total médio por hectare da ordem de R\$ 4323,49. No presente trabalho, o maior custo operacional total por hectare foi apresentado pela Gleba 3, na safra de 2007/2008, cujo valor foi de R\$ 4.840,50 para o sistema de adubação diferenciada. Já o menor valor por hectare encontrado foi de R\$ 2.771,53 na Gleba 1, no sistema de adubação diferenciada, na safra de 2008/2009 (Tabela 3).

Mesmo a adubação diferenciada apresentando um custo de R\$ 32,00 ha⁻¹ com a operação de amostragem e de R\$ 24,00 ha⁻¹ com as análises laboratoriais, pode-se perceber que o principal fator responsável pelas diferenças entre os dois sistemas analisados foi a diferença entre o tipo de adubo e a quantidade requerida em cada um dos sistemas. FAULIN (2010), em seus estudos, também percebeu diferenças entre os métodos de aplicação de fertilizantes na forma diferenciada e convencional. O autor concluiu que as adubações em doses diferenciadas reduziram o consumo de nitrogênio em 134,7 kg ha⁻¹ e de potássio em 82,0 kg ha⁻¹. Para o nutriente fósforo, o autor observou que houve aumento de 65 kg ha⁻¹.

Para se chegar à receita, será necessário que se obtenha sua fonte, ou seja, a quantidade de sacos de café beneficiados que foram produzidos em cada gleba, e relacioná-los com seu preço de venda.

Desta maneira, sob o sistema de adubação diferenciada, a Gleba 1 produziu, em sua primeira colheita (safra de 2007/2008), 341 sacos de café ou 15,5 sacos/ha, e na segunda colheita (safra de 2008/2009), 451 sacos ou 20,5 sacos/ha de café beneficiado. A produção da Gleba 2 foi de 11,8 sacos/ha, ou seja, 124 sacos na área total, na safra de 2007/2008 (primeira colheita), e 19,5 sacos/ha ou 205 sacos na safra de 2008/2009. Já a Gleba 3 apresentou, na sua primeira, colheita 9,5 sacos/ha (59,5 sacos na área total), e 21,2 sacos/ha (132,5 sacos na área total), na segunda colheita (safra de 2008/2009).

Utilizando o valor médio anual das sacas de café comercializadas da ordem de R\$ 256,51 em 2008 e R\$ 260,69 em 2009 (COOXUPÉ, 2010), a Gleba 1 apresentou uma receita por hectare de R\$ 3.975,90 na safra de 2007/2008 e de R\$ 5.344,14 na safra de 2008/2009. A Gleba 2 apresentou receita de R\$ 3.026,82 na safra de 2007/2008 e R\$ 5.083,45 na safra de 2008/2009. A Gleba 3 teve uma receita igual a R\$ 2.436,84 e R\$ 5.526,63, respectivamente, para as safras de 2007/2008 e de 2008/2009.

Para se calcular a produtividade provinda da adubação convencional, foram simulados dois cenários: o primeiro segue os mesmos valores encontrados na adubação diferenciada; já o segundo levou em consideração os resultados encontrados por FAULIN (2010). Desta forma, no cenário dois, no sistema convencional, a Gleba 1 produziria 319 sacos de café ou 14,5 sacos/ha, obtendo uma renda de R\$ 3.719,39 por hectare na safra de 2007/2008, e na safra de 2008/2009 produziu 429 sacos ou 19,5 sacos/ha, resultando em uma renda por hectare de R\$ 5.083,45. A Gleba 2 apresentou uma produtividade de 113,7 sacos ou 10,8 sacos/ha, e uma renda por hectare de R\$ R\$ 2.770,31 na safra de 2007/2008, e na safra subsequente uma receita de R\$ 4.822,76, provinda da produção de 18,5 sacos/ha de café beneficiado. Ao simularmos a Gleba 3, esta apresentou, na safra

de 2007/2008, uma renda de R\$ 2.180,33 referentes à produção de 8,5 sacos/ha de café, e na safra de 2008/2009 uma produtividade de 20,2 sacos/ha, resultando na renda de R\$ 5.265,94 por hectare.

Na Tabela 3, mostram-se os custos totais, considerando todas as operações realizadas em cada gleba, para cada hectare, e as receitas, também por hectare, obtidas em cada gleba e em cada safra estudada, além de mostrar se houve lucro ou prejuízo da atividade, seguindo os dois cenários em estudo.

TABELA 3. Custos, receitas e o resultado entre receitas menos os custos da Gleba 1, 2 e 3 nas safras de 2007/2008 e de 2008/2009 segundo os 2 cenários em estudo (R\$ ha⁻¹) para os dois sistemas de adubação. **Costs, income and the result of the Income minus costs of the area 1, 2, and 3 in 2007/2008 and 2008/2009 crops according to the 2 sceneries studied (R\$ ha⁻¹) to the two fertilization system.**

		Safr 2007/2008			Safr 2008/2009			
Gleba	Aplicação	Custos	Receitas	Resultado	Custos	Receitas	Resultado	Resultado Geral
Cenário 1								
1	Dif	3.200,50	3.975,91	775,41	2.771,53	5.344,15	2.572,61	3.399,47
	Trad	3.238,86	3.975,91	737,05	3.089,89	5.344,15	2.254,26	3.036,39
2	Dif	4.323,74	3.026,82	-1.296,92	3.538,69	5.083,46	1.544,76	278,74
	Trad	4.362,63	3.026,82	-1.335,81	3.550,04	5.083,46	1.533,42	228,28
3	Dif	4.840,56	2.436,85	-2.403,71	4.476,31	5.526,63	1.050,31	-1.332,39
	Trad	4.579,03	2.436,85	-2.142,19	4.664,75	5.526,63	861,88	-1.263,07
Cenário 2								
1	Dif	3.200,50	3.975,91	775,41	2.771,53	5.344,15	2.572,61	3.399,47
	Trad	3.238,86	3.719,40	480,54	3.089,89	5.083,46	1.993,57	2.513,97
2	Dif	4.323,74	3.026,82	-1.296,92	3.538,69	5.083,46	1.544,76	278,74
	Trad	4.362,63	2.770,31	-1.592,32	3.550,04	4.822,77	1.272,73	-294,14
3	Dif	4.840,56	2.436,85	-2.403,71	4.476,31	5.526,63	1.050,31	-1.332,39
	Trad	4.579,03	2.180,34	-2.398,70	4.664,75	5.265,94	601,19	-1.785,48

Pode-se perceber que, no cenário 1, onde a produtividade dos dois sistemas foi considerada a mesma, o sistema de adubação diferenciada mostrou-se mais vantajoso na Gleba 1, demonstrando maior lucro nas duas safras em estudo. Na Gleba 2, a adubação diferenciada apresentou menor prejuízo na safra de 2007/2008, e lucro maior na safra de 2008/2009. Na Gleba 3, a adubação diferenciada apresentou maior prejuízo na safra de 2007/2008, e lucro maior na safra de 2008/2009, quando comparado com o sistema de adubação convencional. O cenário dois apresentou o mesmo padrão do cenário 1.

Para a obtenção do resultado geral, considerou-se a soma dos valores dos resultados das duas safras deflacionados, seguindo o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), tomando como base a média do ano de 2008. Quando se considera o resultado geral do cenário 1, pode-se perceber que a agricultura de precisão apresentou lucro maior para as glebas 1 e 2, e maior prejuízo para a Gleba 3. No cenário 2, a agricultura de precisão mostrou-se mais vantajosa para todas as glebas. Ressalta-se que, com a produtividade menor no sistema convencional, a Gleba 2 apresentaria prejuízo, o que não foi apresentado no sistema diferenciado. Nota-se, ainda, que o aumento de produtividade na adubação diferenciada garantiria à Gleba 3 menor prejuízo acumulado.

CONCLUSÕES

A adubação diferenciada foi viável no acumulado das duas safras, independentemente do tamanho da área, quando esta proporcionou aumento de 1 saca/ha em relação ao sistema de adubação convencional. Quando os sistemas apresentaram produtividades iguais, a agricultura de precisão foi viável economicamente para as áreas maiores, como foi observado nas Glebas 1 e 2, com áreas de 22 ha e 10,52 ha, respectivamente.

Quando se trata das safras em separado, a adubação diferenciada foi economicamente vantajosa para a área de 22 ha, apresentando maior lucro nas duas safras. A área de 10,52 ha, também, apresentou-se vantajosa economicamente nas duas safras em estudo, sendo que, na primeira safra, apresentou menor prejuízo e, na segunda safra, apresentou maior lucro. Para a área de 6,23 ha, somente foi vantajosa (menor prejuízo) para a safra de 2008/2009, independentemente dos cenários considerados.

Pôde-se perceber, neste trabalho, uma diferença entre os elementos químicos recomendados e também diferenças nas quantidades a serem aplicadas em cada um dos sistemas, e estas diferenças impactaram nos custos de produção.

Desta forma, as técnicas propostas pela agricultura de precisão devem ser consideradas como importantes ferramentas para auxiliar o cafeicultor no manejo da lavoura cafeeira.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo aporte financeiro à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BATTE, M.T.; EHSANI, M.R. The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers. *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, v.53, n.1, p.28-44, 2006.
- BLISKA, F.M.M.; VEGRO, C.L.R.; AFONSO JUNIOR, P.C.; MOURÃO, E.A.B.; CARDOSO, C.H.S. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.29, n.8, p.5-20, 2009.
- CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; BARTHOLO, G.F.; PEREIRA, A.A.; NOGUEIRA, Â.M.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, n.1, p.47-52, 2009.
- COOXUPÉ. COOPERATIVA REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPÉ LTDA. *Preço histórico do café: Preço Médio das Sacas de Café Comercializado na Cooxupé em R\$*. Disponível em: <<http://portaldb.cooxupe.com.br:8080/portal/precohistoricocafe.jsp>>. Acesso em: 3 jul. 2010.
- CUSTÓDIO, A.A.P.; GOMES, N.M.; LIMA, L.A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.691-701, 2007.
- DERCON, G.; DECKERS, J.; POESEN, J.; GOVERS, G.; SÁNCHEZ, H.; RAMÍREZ, M.; VANEGAS, R.; TACURI, E.; LOAIZA, G. Spatial variability in crop response under contour hedgerow systems in the Andes region of Ecuador. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 86, n.1/2, p.15-26, 2006.
- FAULIN, G.C. *Influência da adubação em doses variadas na produtividade e no estado nutricional da cultura do café (Coffea arábica L.)*. 2010. 103 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- HURLEY, T.; OISHI, K.G.; MALZER, G. Estimating the potential value of variable rate nitrogen applications: A comparison of spatial econometric and geostatistical models. *Journal of Agricultural and Resources Economics*, Bozeman, v.30, n.2, p.231-249, 2005.

- MZUKU, M.; KHOSLA, R.; REICH, R.; INMAN, D.; SMITH, F.; MacDONALD, L. Spatial variability of measured soil properties across site-specific management zones. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.69, n.5, p.1.572-1.579, 2005.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F.M.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, Z.M. Eliminação de linhas em cafeeiros adensados por meio semimecanizado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.6, p.1.826-1.830, 2007a.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; SOUZA, Z.M.; CHALFOUN, S.M.; FIGUEIREDO, C.A.P. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.6, p.827-831, 2007b.
- RIBEIRO, M.S.; LIMA, L.A.; FARIA, F.H.S.; REZENDE, F.C.; FARIA, L.A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.4, p.569-577, 2009.
- RIDER, T.W.; VOGEL, J.W.; DILLE, J.A.; DHUYVETTER, K.C.; KASTENS, T.L. An economic evaluation of site-specific herbicide application. *Precision Agriculture*, Dordrecht, v.7, n.6, p.379-392, 2006.
- ROBERT, P.C. *The economical feasibility of precision agriculture*. Minnesota: Precision Agriculture Center, Minnesota, USA. p. 11. 2003.
- SILVA, C.B.; VALE, S.M.L.R.; PINTO, F.A.C.; MULLER, C.A.S.; MOURA, A.D. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. *Precision Agriculture*, Dordrecht, v.8, n.11, p.255-265, 2007.
- SILVA, C.B.; MORETTO, A.C.; RODRIGUES, R.L. Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: o caso do Paraná. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. *Anais ...* Cuiabá: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004. 1 CD-ROM.
- SILVA, F.M.; SOUZA, Z.M.; FIGUEIREDO, C.A.P.; VIEIRA, L.H.S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.32, n.1, p.231-241, 2008.
- SILVA, J.M.; REIS, R.P. Custo de produção do café na região de Lavras - MG: estudo de casos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.6, p.1.287-1.294, 2001.
- TOZER, P.R. Uncertainty and investment in precision agriculture – Is it worth the money?. *Agricultural Systems*, Northam, v.100, n.1-3, p. 80-87, 2009.