

RESPOSTA DE LAVOURAS CAFEIEIRAS EM TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA A DIFERENTES MANEJOS DE SOLO¹

Vanessa Cristina de Almeida Theodoro²,
Antônio Nazareno Guimarães Mendes³, Rubens José Guimarães³

(Recebido: 1 de setembro de 2008; aceito: 14 de outubro de 2008)

RESUMO: Este experimento objetivou avaliar a eficiência de diferentes técnicas de manejo orgânico e convencional na fertilidade do solo e produtividade de uma lavoura cafeeira após o primeiro ano de transição agroecológica. O experimento foi instalado em agosto/2004 em uma lavoura cafeeira localizada em Lavras/MG, anteriormente conduzida sob manejo convencional. Empregou-se o delineamento látice balanceado 4x4 em esquema fatorial 3x2x2 com cinco repetições mais quatro tratamentos adicionais. Foram utilizadas três fontes de matéria orgânica (farelo de mamona, esterco bovino e cama de aviário), com e sem palha de café fermentada, com e sem a adubação verde com feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] nas entrelinhas do cafeeiro e pulverizações com o biofertilizante supermagro. O manejo convencional constou da aplicação de sulfato de amônio e o cloreto de potássio e de adubação foliar convencional. O manejo orgânico mantém um suprimento adequado de K no solo, com destaque para a cama de aviário e o esterco bovino. O benefício mais significativo da adubação orgânica na fertilidade do solo é o aumento na disponibilização de K, S e B. Os tratamentos de manejo orgânico apresentam produtividade similar à da testemunha convencional, devido à existência de reservas de nutrientes no solo. Ressalta-se a importância da realização de novas pesquisas com acompanhamento da transição agroecológica durante os três primeiros anos de manejo da lavoura cafeeira, período exigido para a sua certificação orgânica e possível reconstrução biológica da fertilidade do solo.

Palavras-chave: Agroecologia, fertilidade do solo, café orgânico, conversão, *Coffea arabica*.

RESPONSE OF COFFEE CROP (*Coffea arabica* L.) IN AGROECOLOGIC TRANSITION TO DIFERENT SOIL MANAGEMENT

ABSTRACT: This work had the objective of evaluate the efficiency of different techniques of the organic and conventional managements in the soil fertility and productivity of coffee plants after the first year of agroecologic transition. The experiment was installed in August/2004 in a coffee plantation located in the municipality of Lavras/MG previously cultivated in a conventional management. The experimental design used was the lattice balanced 4x4 in factorial scheme 3x2x2 with five replications and four more additional treatments. Three sources of organic matter were used (castor bean bran, bovine manure and boiler litter) with or without straw of fermented coffee, and with or without the use of green manuring with [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], in the line spacing of the coffee crop and pulverization with the biofertilizer "supermagro". The conventional management had the application of ammonium sulfite and the potassium chloride, and conventional foliar manuring. The organic management maintained an appropriate supply of K in the soil, with highlighting the boiler litter and bovine manure. The most significant benefit of the manuring organic in the soil fertility was to increase the K, S and B availability. The treatments of organic managements showed productivity similar to the conventional, due to the existence of nutrient reserves in the soil. It is emphasized the importance of carrying out further research to monitor the agroecologic transition during the first three years of coffee crop management, time required for its organic certification and possible biological reconstruction of soil fertility.

Key words: Agroecology, soil fertility, organic coffee, conversion, *Coffea arabica*.

1 INTRODUÇÃO

O contundente processo modernizador da agricultura brasileira gerou externalidades ambientais e impactos sociais em magnitudes tão amplas que, por si só, justificam estudos voltados para novas

tecnologias emergentes como a agricultura orgânica. Esse mercado específico tem experimentado um crescimento vertiginoso, apresentando, no final da década de 1990, um crescimento estimado em 20% a 30% ao ano, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento (ITC/UNCTAD/OMT, 1999).

¹Parte da Tese de Doutorado submetida, pela primeira autora, à Universidade Federal de Lavras/UFLA. Projeto financiado pelo Edital PROTEDAB (Embrapa).

²Professora Adjunta do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado do Mato Grosso, Avenida Tancredo Neves, 1095, Cavalhada – 78200-000 – Cáceres, MT – organicoffee@gmail.com

³Professores Adjunto do Departamento de Agricultura/DAG da Universidade Federal de Lavras, Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – nazareno@ufla.br, rubensjg@ufla.br

No Brasil, em 2005, representou apenas 0,23% da produção agrícola de todo o país, enquanto nos países desenvolvidos o índice atinge 26,0% (WILLER & YUSSEFI, 2005). Assim, fica claro que existe espaço para o crescimento desse ramo do agronegócio, podendo a área a ser convertida para a produção orgânica no Brasil chegar a 1% ou 2% na próxima década, com o incentivo, principalmente, aos pequenos produtores.

Transição ou conversão são termos usualmente utilizados para denominar o processo de mudança do sistema de produção convencional para orgânico, os quais, além de questões técnicas e educativas que a mudança tecnológica *per se* pressupõe, envolvem também questões normativas e de mercado, uma vez que está intimamente ligada ao processo de certificação (FEIDEN et al., 2002). O processo de certificação da produção de café orgânico, isto é, o processo de legitimação da produção, foi descrito em detalhes por Theodoro (2002).

Existe um acervo de experiências práticas de transição agroecológica bem sucedidas, em particular para a cultura do cafeeiro, em pequenas propriedades na região Sul de Minas Gerais, que inspiraram essa pesquisa. O principal gargalo consiste em validá-las cientificamente, após a realização de estudos a campo que confrontem o manejo convencional com o orgânico, de modo que forneçam a segurança necessária nessa nova tecnologia a um número significativo de cafeicultores, nas várias regiões produtoras do país.

Em trabalhos realizados em sistemas orgânicos, certos esterco têm sido utilizados como fonte de nutrientes para as plantas, principalmente o bovino e a cama de aviário. Entretanto, estudos demonstraram a necessidade de utilização de grandes quantidades desses materiais (CAETANO & CARVALHO, 2006; MOREIRA, 2003; OLIVEIRA, 2001; THEODORO, 2006), o que limita sua aplicação em virtude do reduzido número de criações conduzidas de acordo com os preceitos da agricultura orgânica. Por isso, é premente a necessidade de estudos sobre a transição agroecológica do cafeeiro, visando a atender à demanda de cafeicultores convencionais que estão migrando para o sistema de produção de café orgânico, cujo mercado é altamente exigente em relação à qualidade de bebida (MALTA et al., 2003; THEODORO et al., 2002) e à

diversificação das culturas (ANDERSON, 2006; PETERS et al., 2003; SOTO-PINTO et al., 2000).

O manejo do café orgânico registrou maior alteração nas características químicas do solo em relação ao convencional, apresentando incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuição do Al trocável (THEODORO et al., 2003a). Não é conhecida nenhuma evidência de que os processos fundamentais de ciclagem de nutrientes em manejo orgânico do solo sejam significativamente diferentes dos mesmos em solos manejados convencionalmente (STOCKDALE et al., 2002).

Diante disso, a principal finalidade desse estudo foi identificar a resposta da lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.) aos manejos orgânico e convencional após o primeiro ano de transição agroecológica. Foram avaliados insumos permitidos e/ou tolerados pelas normas da agricultura orgânica (BRASIL, 1999) e seus efeitos nas propriedades químicas da camada superficial do solo e na produtividade da lavoura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localizada na Fazenda Baunilha em Lavras/MG constituiu-se de um talhão de café implantado num Latossolo Vermelho distroférrico, ocupado com cafeeiros (*Coffea arabica*) com idade de 6 anos, espaçamento 4,0 x 0,7 m e variedade Catuaí Amarelo em uma área de 2,02 ha. A área das parcelas orgânicas foi de 1,61 ha (80 parcelas) e a testemunha (20 parcelas convencionais em uma área de 0,41 ha) estava localizada dentro do mesmo talhão, isolada por uma barreira vegetal de 20,0 m (constituída por 5 linhas de cafeeiros). Cada parcela continha 84 plantas, sendo 16 plantas úteis e 68 plantas de bordadura.

O experimento foi instalado em agosto de 2004 e neste trabalho foram utilizados os dados do primeiro ano de conversão (de agosto de 2004 a dezembro de 2005). O delineamento usado foi o látice balanceado 4x4, com cinco repetições. Dos dezesseis tratamentos, doze caracterizam um fatorial 3x2x2, que corresponde a três fontes de matéria orgânica (esterco bovino, cama de aviário e farelo de mamona) aplicadas superficialmente na projeção da copa do cafeeiro, com ou sem compostagem laminar feita com a aplicação de palha de café (2,0 L planta⁻¹) sobre as

fontes de matéria orgânica e com ou sem adubo verde [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] nas entrelinhas. Os quatro tratamentos adicionais avaliaram o uso do esterco bovino + moinha de carvão + sulfato duplo de potássio e magnésio; a rochagem utilizando a farinha de rocha Itafértil na dose de 2,08 t ha⁻¹ (500 g planta⁻¹) + farelo de mamona + palha de café; o uso da palha de café fermentada (20,0 L planta⁻¹) e do adubo verde feijão-guandu (*Cajanus cajan*) plantado nas entrelinhas do cafeeiro como únicas fontes de adubação. Todos os tratamentos de manejo orgânico receberam, como fonte de adubação foliar, o biofertilizante supermagro e, nas parcelas convencionais, adubação foliar convencional com Niphokam (Quimifol) (10% N; 8,0% P₂O₅ solúvel em CNA + água; 8,0% K₂O; 0,5% Mg, 1,0% Ca; 2,0% S, 1,0% Zn; 0,5% B; 0,1% Fe; 0,1% Mo; 0,2% Cu e 0,5% Mn) na dose de 1,0L 400L⁻¹ calda⁻¹ ha⁻¹.

A palha de café fermentada foi aplicada superficialmente na projeção da saia do cafeeiro na dosagem de 2,0 L cova⁻¹ (GUIMARÃES et al., 1999), após a aplicação dos adubos orgânicos (esterco bovino, cama de aviário e farelo de mamona).

O cálculo da quantidade de adubos orgânicos (kg ha⁻¹) foi efetuado conforme a expressão: $X = (A)/(B/100 \times C/100 \times D/100)$ de acordo com Furtini Neto et al. (2001) conhecendo-se o teor de matéria seca do fertilizante (B em %); o teor de N no fertilizante orgânico sólido na matéria seca em (C em %) (Tabela 2) e o índice de conversão da forma orgânica para a forma mineral para o N (D = 50%). A quantidade de fertilizante a ser aplicada foi calculada de forma a atender a demanda de 170 kg ha⁻¹ de N (INSTITUTO BIODINÂMICO, 2006) e para uma produtividade de 20 a 30 sacas ha⁻¹

(GUIMARÃES et al., 1999). As quantidades utilizadas dos adubos orgânicos foram: 8,5 kg de esterco bovino planta⁻¹ totalizando 34,9 t ha⁻¹ (B = 65%; C = 1,5%; A = 170 kg ha⁻¹ de N); 2,0 kg de farelo de mamona planta⁻¹ totalizando 8,5 t ha⁻¹ (B = 80%; C = 5%; A = 170 kg ha⁻¹ de N) e 4,2 kg planta⁻¹ de cama de aviário, totalizando 17,4 t ha⁻¹ (B = 70%; C = 2,8%; A = 170 kg ha⁻¹ de N).

A formulação do biofertilizante utilizado foi a do supermagro adaptado à cafeicultura orgânica, de acordo com Pedini (2000), citado por Theodoro (2006), com uma diluição de 5%. Foram realizadas três pulverizações tratorizadas mensais (de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005). O plantio do adubo verde feijão guandu (*Cajanus cajan* L.) foi feito em janeiro de 2005 nas entrelinhas dos cafeeiros, utilizando-se quatro linhas com espaçamento de 50,0 cm e densidade de 10 sementes por m linear, segundo Chaves & Calegari (2001). O guandu permaneceu na área por três meses, sendo roçado mecanicamente em abril de 2005.

A adubação química foi idealizada de acordo com análise de solo coletado antes da implantação do experimento (Tabela 2). Foram coletados 9 pontos em cada bloco e homogeneizados posteriormente para formar a amostra composta por bloco. A exigência de N e K para lavouras em produção foi calculada segundo Guimarães et al. (1999), visando a uma produtividade de 30 a 40 sacas ha⁻¹ para as parcelas convencionais, sendo fornecidos 300 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio e 150 kg ha⁻¹ K₂O na forma de cloreto de potássio. A adubação foi realizada em 4 parcelamentos.

O manejo de plantas espontâneas nos tratamentos orgânicos constou do uso de roçadeira

Tabela 1 – Resultados do valor agrônomo dos diferentes insumos utilizados.

Insumos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg							mg/kg			
Esterco bovino	14,6	4,91	17,5	46,8	5,18	2,6	16	30	71	431	162
Cama de aviário	27,6	16,0	22,3	23,8	5,14	3,2	34	269	773	389	445
Farelo de mamona	49,4	13,2	9,7	22,9	0,87	3,3	27	21	2222	293	126
Palha de café	13,8	6,4	18,4	4,3	0,97	0,9	23	15	271	42	17
Moinha de carvão	2,6	0,76	2,9	51,6	1,63	2,3	20	37	51032	449	41
Feijão guandu	18,1	5,9	11,4	10,9	2,2	-	-	14	303	112	20

Tabela 2 – Resultado da análise do solo na profundidade de 0 a 20 cm, antes da implantação do experimento (média dos cinco blocos). Interpretação de acordo com Guimarães et al. (1999).

Atributos	Profundidade (cm)	
	0-20	Interpretação
pH (H ₂ O)	5,64	pH bom (acidez média)
P (mg dm ⁻³)	7,88	Alto
P Remanescente (mg L ⁻¹)	8,5	Alto
K (mg dm ⁻³)	133,6	Alto
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,8	Alto
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,78	Médio
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,26	Alto
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,84	Médio
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,92	Alto
t (cmol _c dm ⁻³)	4,18	Médio
T (cmol _c dm ⁻³)	7,76	Médio
V %	47,0	Médio
m %	10,8	Muito baixo
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	24,0	Médio
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	14,0	-
Zn (mg dm ⁻³)	2,24	Médio
Fé (mg dm ⁻³)	49,0	Alto
Mn (mg dm ⁻³)	27,0	Alto
Cu (mg dm ⁻³)	3,2	Alto
B (mg dm ⁻³)	0,7	Alto
S (mg dm ⁻³)	24,0	Muito alto
Textura do solo		
Argila (g dm ⁻³)	770	
Silte (g dm ⁻³)	90	Latossolo Vermelho distroférico
Areia (g dm ⁻³)	140	

Extratores: P, K, Fe, Zn, Mn e Cu, extrator Melich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl 1N; H + Al, extrator SMP; B, extrator água quente; S, extrator fosfato monocálcico em ácido acético; SB, soma de bases; CTC (t), capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T), capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V, índice de saturação de bases; m, índice de saturação de alumínio; matéria orgânica (MO), oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N.

mecânica, periodicamente, de acordo com o grau de infestação. Nas parcelas convencionais foi utilizado um manejo integrado (uso de roçadeira mecânica a cada 30 a 45 dias e uma aplicação de controle químico com herbicida sistêmico – Glyphosate na dosagem de 1,5L 150L⁻¹ de calda).

As amostragens de fertilidade de solo (0 a 20 cm) foram feitas com trado holandês na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação), nas cem parcelas (na área central das dezesseis plantas úteis). As amostras simples constituídas de seis pontos foram homogeneizadas com cerca de 0,3 kg de

material de solo. As amostras de material de solo foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, conforme metodologia descrita na Embrapa (1997).

O plano experimental foi obtido em Cochran & Cox (1957). Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SAS; a testemunha foi comparada com cada um dos dezesseis tratamentos de manejo orgânico por meio do teste t com proteção de Bonferroni (JOHNSON & WICHERN, 1998), com a ajuda do programa SISVAR para Windows, versão 4.6. Também foram realizados contrastes entre os tratamentos adicionais e os tratamentos fatoriais por meio da opção "contrast" do proc GLM.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dezesseis tratamentos sob manejo orgânico apresentaram uma produtividade média de 37,69 sacas de 60 kg de café beneficiado (2.261 kg ha^{-1}), não diferindo entre si estatisticamente para esta variável. Entretanto, quando avaliado o efeito dos adubos orgânicos utilizados, foi significativa a utilização de farelo de mamona (FM) (Figura 1), atingindo a maior produtividade média ($47,38 \text{ sacas ha}^{-1}$) em relação aos outros adubos estudados. Os tratamentos com esterco bovino (EB) apresentaram produtividade média de $35,60 \text{ sacas ha}^{-1}$, enquanto os tratamentos com cama de aviário (CA) registraram $33,99 \text{ sacas ha}^{-1}$. A produtividade da testemunha convencional (CV) ($35,24 \text{ sacas ha}^{-1}$) não diferiu dos tratamentos de manejo orgânico. Um levantamento do estado nutricional e da fertilidade do solo de lavouras cafeeiras orgânicas do estado de Minas Gerais registrou uma produtividade média anual de 35 sacas ha^{-1} em lavouras certificadas e pertencentes à Associação de Cafeicultura Orgânica do Brasil (ACOB) (THEODORO et al., 2003b).

As variáveis de acidez do solo (pH em H_2O , Al^{3+} e $\text{H} + \text{Al}$) nos tratamentos de manejo orgânico registraram acidez média (5,1 a 6,0) (Tabela 3). Entretanto, foram detectadas diferenças entre eles, de acordo com a classificação agrônômica para a acidez ativa do solo, conforme Guimarães et al. (1999). Os valores de pH foram baixos (5,1 a 5,4) na maioria dos tratamentos de manejo orgânico (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 15). Os tratamentos 12, 14, 16 e a testemunha registraram valores adequados de pH

(5,5 a 6,0). Os tratamentos 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14 e 16 foram estatisticamente iguais à testemunha (Tabela 3). Theodoro et al. (2003a) citaram, em sistemas de produção de café orgânico, o efeito das adubações orgânica e verde nos aumentos no pH do solo e, conseqüentemente, diminuição dos teores tóxicos de alumínio. Para a acidez trocável (Al^{3+}) os tratamentos 2 e 15 apresentaram valores dentro da faixa de teores médios ($0,51 \text{ a } 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (GUIMARÃES et al., 1999). A maioria dos tratamentos de manejo orgânico (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16) registrou um teor baixo ($0,21 \text{ a } 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e foi igual estatisticamente à testemunha, com um teor muito baixo ($\leq 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Pelo fato de o solo ter apresentado um teor muito alto de Al^{3+} ($1,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 2) antes da implantação do experimento, pode-se inferir que os manejos orgânico e convencional testados contribuíram para a diminuição da acidez trocável na sua camada superficial.

A CTC efetiva do solo (t) não registrou significância entre os tratamentos de manejo orgânico, no entanto, quando esses foram comparados com a testemunha, os tratamentos 2, 5, 10, 14 e 16 foram estatisticamente iguais a ela (Tabela 3). Todos os tratamentos, bem como a testemunha, apresentaram teores médios ($2,31 \text{ a } 4,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (GUIMARÃES et al., 1999), indicando a manutenção do teor médio da CTC efetiva do solo ($4,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em comparação com a análise feita antes da implantação do experimento (Tabela 2).

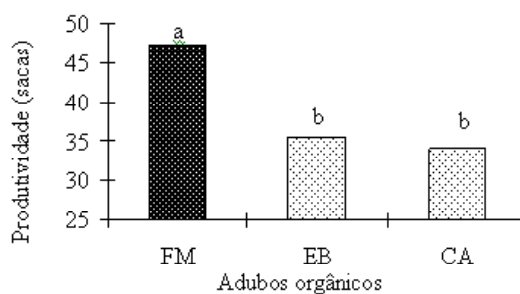


Figura 1 – Produtividade da lavoura cafeeira no primeiro ano de transição agroecológica, em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona, FM; Esterco bovino, EB e cama de aviário, CA. Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si, a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 3 – Valores das variáveis pH em água; Al^{3+} ; acidez potencial: H+Al e t (CTC efetiva) em $cmol_c dm^{-3}$ na camada de 0-20 cm, em função da comparação entre cada tratamento de manejo orgânico com a testemunha.

Trat.	[pH em H ₂ O]		[Al ³⁺]		[H + Al]		[t]	
	AO	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média
1	EB	5,15 b	1	0,47 b	1	5,69 a	1	3,04 b
2	CA	5,09 b	2	0,61 a	2	6,68 a	2	3,61 a
3	FM	5,30 b	3	0,50 b	3	5,67 a	3	3,06 b
4	EB	5,15 b	4	0,45 b	4	5,90 a	4	2,91 b
5	CA	5,35 a	5	0,31 b	5	4,84 b	5	3,71 a
6	FM	5,35 a	6	0,43 b	6	5,27 a	6	3,21 b
7	EB	5,45 a	7	0,32 b	7	4,70 b	7	3,33 b
8	CA	5,44 a	8	0,40 b	8	5,03 b	8	3,17 b
9	FM	5,29 b	9	0,45 b	9	5,18 a	9	3,08 b
10	EB	5,27 b	10	0,45 b	10	5,39 a	10	3,69 a
11	CA	5,39 a	11	0,31 b	11	4,82 b	11	2,96 b
12	FM	5,60 a	12	0,38 b	12	4,25 b	12	3,36 b
13	EB	5,18 b	13	0,38 b	13	5,42 a	13	3,46 b
14	FM	5,51 a	14	0,37 b	14	5,01 b	14	3,85 a
15	PC	5,20 b	15	0,55 a	15	5,39 a	15	3,24 b
16	AV	5,55 a	16	0,25 b	16	4,75 b	16	3,61 a
Média geral		5,33		0,41		5,25		3,33
Test.		5,81 a	Test.	0,18 b	Test.	3,50 b	Test.	4,49 a

Valores seguidos da mesma letra minúscula da testemunha não diferem dela, estatisticamente, a 5%, segundo a proteção de Bonferroni. (Trat.) 16 tratamentos de manejo orgânico. Tipo do adubo orgânico, (AO): esterco bovino; EB; cama de aviário, CA; farelo de mamona, FM; palha de café, PC e adubo verde, AV. (Test.) Testemunha – manejo convencional.

Os teores de P_{REM} situaram-se no intervalo de 10,0 a 14,25 $mg L^{-1}$, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos de manejo orgânico. Quando comparados com a testemunha, os tratamentos 5, 7, 8, 9, 11 e 16 foram similares a ela (Tabela 4). Todos os tratamentos, bem como a testemunha, registraram teores de baixos a muito baixos, de acordo com Guimarães et al. (1999). Esse fato permitiu inferir que ocorreu influência direta das reservas do solo, provenientes do manejo convencional, desde a implantação da lavoura, sobre os resultados encontrados nesse trabalho para o P no solo. Essa constatação é reforçada pelo teor médio encontrado para o P_{REM} (8,5 $mg dm^{-3}$) antes da instalação do experimento (Tabela 2) e pelo fato de

não ter sido aplicada nenhuma fonte de adubação mineral fosfatada nos tratamentos de manejo orgânico nem na testemunha convencional. Não se descarta a contribuição da roçada das plantas daninhas nas entrelinhas do cafeeiro nos teores de P em todos os tratamentos de manejo orgânico e na testemunha. A liberação de P, após a decomposição de resíduos vegetais formados pelo “mulch” de gramíneas, foi relatada por Pavan et al. (1986). Theodoro et al. (2003a) observaram altos teores de P em sistemas de produção de café orgânico após cinco anos de manejo, relacionados ao seu suprimento via adubação orgânica e matéria orgânica do solo.

Ocorreu efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de K, em que os tratamentos de manejo

orgânico apresentaram diferenças marcantes em relação ao adubo utilizado (Tabela 4). Os adubos orgânicos mais eficientes na disponibilização de K foram a cama de aviário dos tratamentos 2, 5, 8 e 11, apresentando um teor médio de $212,2 \text{ mg dm}^{-3}$ e os tratamentos 1, 4, 7, 10 e 13 com esterco bovino (teor médio de $195,9 \text{ mg dm}^{-3}$), seguidos pelos tratamentos 3, 6, 9, 12 e 14 com farelo de mamona ($151,48 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 2). Os teores de K no solo, encontrados nos tratamentos de manejo orgânico, foram classificados como teores altos (120 a 200 mg dm^{-3}) a muito altos (maior que 200 mg dm^{-3}); somente o tratamento 6 e a testemunha apresentaram um teor médio (60 a 120 mg dm^{-3}) (GUIMARÃES et al., 1999). Esses resultados estão relacionados às reservas de K no solo que apresentava, antes da implantação do experimento, um teor alto no o solo ($133,6 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 2). Mesmo assim, pode-se inferir que o manejo orgânico manteve um suprimento adequado de K após o primeiro ano de transição agroecológica, devido ao fato da maior parte da quantidade de K ($2/3$) presente em resíduos orgânicos e vegetais estar prontamente solúvel em água, requerendo apenas transformações físicas para ser liberada ao solo (SIQUEIRA & FRANCO, 1988). Resultados obtidos por Moreira (2003) confirmam essa tendência de obtenção de altas concentrações de K no solo em sistemas de produção de café orgânico.

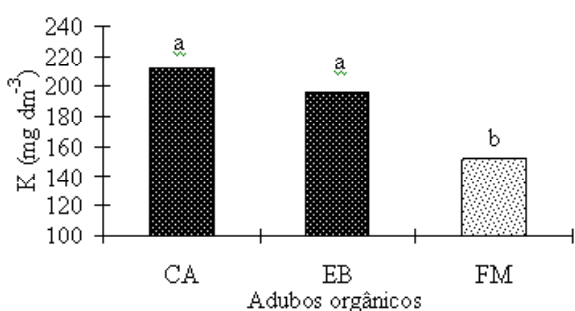


Figura 2 – Teores de potássio [K – mg dm^{-3}] na camada de 0 a 20 cm do solo em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona, FM; Esterco bovino, EB e cama de aviário, CA. Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si, a 5% pelo teste de Tukey.

Na camada arável do solo, de forma similar ao nitrogênio, mais de 90% do enxofre total está na forma orgânica. Portanto, os resultados significativos obtidos para esse elemento neste trabalho fortalecem o importante papel da mineralização da matéria orgânica na sua disponibilização. As melhores fontes de S para o cafeeiro foram os tratamentos 1, 4, 7, 10 e 13 com esterco bovino que apresentaram, em média, um teor de S de $63,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e os tratamentos 3, 6, 9, 12 e 14 com farelo de mamona ($53,5 \text{ mg dm}^{-3}$), seguidos pelos tratamentos 2, 5, 8 e 11 com cama de aviário ($51,7 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 4, Figura 3). A maioria dos tratamentos de manejo orgânico testados (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 16) foi similar à testemunha, provavelmente devido a uma boa reserva de S ($24,0 \text{ mg dm}^{-3}$) presente no solo antes da instalação do experimento (Tabela 2). As adubações nitrogenadas aplicadas na forma de sulfato de amônio, que contém aproximadamente 23,0% de enxofre, contribuíram para o alto teor de S encontrado na testemunha.

Os adubos orgânicos apresentaram efeitos diferenciados em relação ao fornecimento de B para o solo, em que as melhores fontes foram os tratamentos 2, 5, 8 e 11 com cama de aviário (teor médio de B de $0,50 \text{ mg dm}^{-3}$) e os tratamentos 1, 4, 7, 10 e 13 com esterco bovino ($0,44 \text{ mg dm}^{-3}$), seguidos pelos tratamentos 3, 6, 9, 12 e 14 com farelo de mamona ($0,41 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 4). O tratamento 5 de manejo orgânico registrou um teor alto de B no solo (maior que $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto grande parte dos tratamentos apresentou teores bons ($0,41$ a $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$) (GUIMARÃES et al., 1999) e a testemunha mais os tratamentos 9 e 10 apresentaram um teor médio ($0,21$ a $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$). Quando comparados com a testemunha, a maioria dos tratamentos de manejo orgânico (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) foi similar a ela. Provavelmente, o alto teor de B no solo (Tabela 2) detectado antes da instalação do experimento concorreu para a obtenção dos resultados semelhantes entre a testemunha e os tratamentos de manejo orgânico.

A SB não apresentou diferença estatística entre os tratamentos de manejo orgânico e foi observado que todos os tratamentos registraram teores médios ($1,81$ a $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 5). Somente a testemunha apresentou um teor alto ($3,61$ a $6,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (GUIMARÃES et al., 1999). Nota-se, de

Tabela 4 – Valores de P_{REM} (P remanescente) (mg L^{-1}); K, S ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e B (mg dm^{-3}) na camada de 0 a 20 cm, em função da comparação entre cada tratamento de manejo orgânico com a testemunha.

Trat.	[P _{REM}]		[K]		[S]		[B]	
	AO	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média
1		11,10 b	1	177,17 a	1	56,41 b	1	0,44 b
2	CA	11,18 b	2	204,60 a	2	37,76 b	2	0,43 b
3	FM	10,13 b	3	149,06 b	3	53,85 b	3	0,41 b
4	EB	11,55 b	4	158,08 a	4	77,32 a	4	0,40 b
5	CA	12,87 a	5	240,37 a	5	50,80 b	5	0,64 a
6	FM	11,66 b	6	116,77 b	6	45,21 b	6	0,42 b
7	EB	11,93 a	7	212,50 a	7	53,50 b	7	0,53 a
8	CA	12,67 a	8	209,06 a	8	61,91 b	8	0,45 b
9	FM	12,13 a	9	168,15 a	9	54,25 b	9	0,31 b
10	EB	10,95 b	10	201,37 a	10	63,97 b	10	0,39 b
11	CA	12,97 a	11	194,84 a	11	56,31 b	11	0,48 b
12	FM	11,06 b	12	172,24 a	12	44,99 b	12	0,44 b
13	EB	11,07 b	13	230,54 a	13	64,09 b	13	0,46 b
14	FM	11,61 b	14	151,16 b	14	69,41 a	14	0,47 b
15	PC	10,71 b	15	172,42 a	15	34,35 b	15	0,49 a
16	AV	12,47 a	16	165,43 a	16	49,15 b	16	0,49 a
	Test.	14,25 a	Test.	115,45 b	Test.	33,3 b	Test.	0,30 b

Valores seguidos da mesma letra minúscula da testemunha não diferem dela estatisticamente, a 5%, segundo a proteção de Bonferroni. (Trat.) 16 tratamentos de manejo orgânico. Tipo do adubo orgânico, (AO): esterco bovino, EB; cama de aviário, CA; farelo de mamona, FM; palha de café, PC e adubo verde, AV. (Test.) Testemunha – manejo convencional.

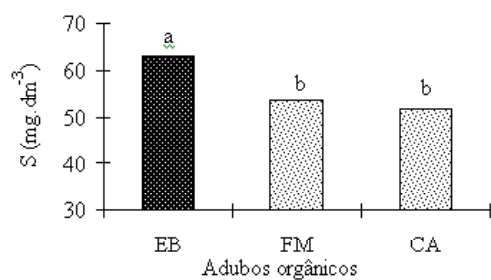


Figura 3 – Teores de enxofre [S – mg dm^{-3}] na camada de 0 a 20 cm do solo em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona, FM; Esterco bovino, EB e cama de aviário, CA. Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si, a 5% pelo teste de Tukey.

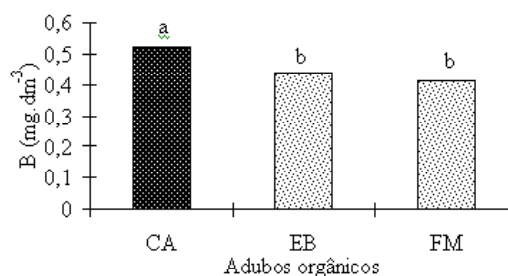


Figura 4 – Teores de boro [B – mg dm^{-3}] na camada de 0-20 cm do solo em função dos adubos orgânicos utilizados nos tratamentos de manejo orgânico. Farelo de mamona, FM; Esterco bovino, EB e cama de aviário, CA. Valores precedidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si, a 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 5 – Valores das variáveis SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), C_{ORG} (g kg^{-1}), Zn e Cu (mg dm^{-3}) na camada de 0-20 cm, em função da comparação entre cada tratamento de manejo orgânico com a testemunha.

Trat.	[SB]		[Zn]		[C _{ORG}]		[Cu]	
	AO	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média
1	EB	2,45 b	1	4,07 b	1	21,1 b	1	23,11 a
2	CA	2,38 b	2	4,83 b	2	24,4 a	2	6,79 b
3	FM	2,59 b	3	6,77 a	3	21,0 b	3	5,51 b
4	EB	2,28 b	4	4,25 b	4	21,3 b	4	4,92 b
5	CA	3,37 a	5	3,84 b	5	17,7 b	5	6,83 b
6	FM	2,89 b	6	3,71 b	6	19,5 b	6	6,82 b
7	EB	3,25 b	7	3,77 b	7	18,1 b	7	5,96 b
8	CA	2,87 b	8	3,31 b	8	18,0 b	8	4,87 b
9	FM	2,96 b	9	6,87 a	9	19,2 b	9	5,03 b
10	EB	2,91 b	10	4,56 b	10	22,8 a	10	5,42 b
11	CA	2,74 b	11	5,33 a	11	19,5 b	11	5,57 b
12	FM	3,44 a	12	1,94 b	12	18,6 b	12	5,64 b
13	EB	3,01 b	13	3,58 b	13	20,6 b	13	5,06 b
14	FM	3,36 a	14	4,30 b	14	16,4 b	14	4,72 b
15	PC	2,71 b	15	1,87 b	15	20,3 b	15	6,43 b
16	AV	3,59 a	16	9,06 a	16	19,5 b	16	6,66 b
	Test.	4,38 a	Test.	2,54 b	Test.	18,0 b	Test.	2,72 b

Valores seguidos da mesma letra minúscula da testemunha não diferem dela, estatisticamente, a 5%, segundo a proteção de Bonferroni. (Trat.) 16 tratamentos de manejo orgânico. Tipo do adubo orgânico, (AO): esterco bovino; EB; cama de aviário, CA; farelo de mamona, FM; palha de café, PC e adubo verde, AV. (Test.) Testemunha – manejo convencional.

maneira geral, que as três fontes de adubo orgânico testadas (FM, EB e CA) foram eficientes no fornecimento de Ca, Mg e K, pois todos os tratamentos de manejo orgânico mantiveram um teor médio de SB no solo, de acordo com a análise realizada antes da implantação do experimento que detectou um teor alto ($3,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 2). A adubação mineral concorreu para a obtenção de um teor alto de SB na testemunha, aliada às reservas de Ca e Mg presentes no agroecossistema. Teores muito altos de soma de bases foram relatados por Theodoro (2003a) em sistemas de produção de café orgânico após cinco anos de manejo, relacionados ao aumento do pH e dos teores de Ca, Mg e K, além da redução do alumínio trocável na camada superficial do solo, gerados, provavelmente, pela aplicação de matéria

orgânica na forma de composto, esterco de galinha, húmus e chorume de suíno.

Em relação ao teor de C orgânico do solo (C_{ORG}) foi detectada a superioridade do tratamento 13 (esterco bovino + palha de café + moinha de carvão + sulfato duplo de potássio de magnésio), apresentando um teor de C_{ORG} de $20,6 \text{ g kg}^{-1}$ em relação ao tratamento 14 ($16,4 \text{ g kg}^{-1}$), que utilizou farelo de mamona + palha de café + farinha de rocha. Provavelmente, o efeito diferencial do tratamento 13 no teor de C_{ORG} no solo está na presença de compostos orgânicos mais facilmente degradáveis no esterco curtido e de sua baixa relação C/N, os quais proporcionaram melhores condições para a atividade microbiana, acelerando os processos de mineralização da matéria orgânica do solo. Quando foram

comparados os tratamentos de manejo orgânico com a testemunha na Tabela 5, nota-se que os tratamentos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 são similares a ela. Neste trabalho não foi detectado o efeito da adição da palha de café em cobertura nem da adubação verde no incremento do teor de C orgânico do solo após o primeiro ano de transição agroecológica, mas a importância do “mulch” de resíduos vegetais no manejo da matéria orgânica foi relatada por Ayanaba (1982), Miyazawa et al. (2000) e Pavan et al. (1986).

Em relação ao Zn no solo, não houve diferença significativa entre os tratamentos de manejo orgânico. Quando comparada com a testemunha, a maioria dos tratamentos de manejo orgânico foi semelhante a ela (Tabela 5). No entanto, de acordo com Guimarães et al. (1999), foram detectadas nuances entre os tratamentos de manejo orgânico (3, 9, 11 e 16) que apresentaram teores altos (maiores que $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e bons ($4,1$ a $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$). O restante dos tratamentos (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15) e a testemunha registraram teores de médios ($2,0$ a $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$) a baixos (menor que $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Os resultados obtidos para o cobre no solo evidenciam que não houve diferença significativa entre os tratamentos de manejo orgânico. Todos os teores encontrados nos tratamentos e na testemunha foram classificados como altos (maiores que $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$) (GUIMARÃES et al., 1999). Todos os tratamentos de manejo orgânico, exceto o tratamento 1, foram estatisticamente iguais à testemunha (Tabela 5).

4 CONCLUSÕES

1. A produtividade da lavoura cafeeira sob manejo orgânico é similar à do manejo convencional no primeiro ano de transição agroecológica, devido à existência de reservas de nutrientes no solo.

2. A mineralização dos adubos orgânicos afeta diretamente a fertilidade do solo através do incremento da disponibilização de S e B.

3. O manejo orgânico mantém um suprimento adequado de K no solo, com destaque para a cama de aviário e esterco bovino.

4. Sugere-se a realização de novos experimentos a partir dos dados obtidos nessa pesquisa, com a duração de três anos de coleta de dados em lavouras cafeeiras sob transição agroecológica visando a correlacionar o efeito do

manejo orgânico do solo na resistência e/ou suscetibilidade a pragas e doenças de acordo com os preceitos da teoria da trofobiose.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, N. P. **Geospatial analysis and multivariate classification of soil properties in Nicaraguan sun and shade grown coffee systems**. 2006. 46 p. Dissertation (Master of Science in Environmental Science) - Washington State University, Washington, DC, 2006.

AYANABA, A. The value of mulches in the management of organic matter in tropical soils. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATERIAL ORGÂNICA DO SOLO, 1982, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1982. p. 97-103.

BRASIL. Instrução Normativa n. 007, de 17 de maio de 1999. Estabelece normas para produção de produtos orgânicos vegetais e animais. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, n. 94, p. 11, 19 maio 1999. Seção 1.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. de. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1150-1155, jul./ago. 2006.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, set./out. 2001.

COHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1957. 617 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 86 p.

FEIDEN, A. et al. Processo de conversão de sistemas de produção convencionais para sistemas de produção orgânicos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, p. 179-204, 2002.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p. Curso de especialização em solos e meio ambiente.

- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 289-302.
- INSTITUTO BIODINÂMICO. **Diretrizes para o padrão de qualidade orgânico Instituto Biodinâmico**. Botucatu, 2006. 87 p. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br>>. Acesso em: 30 maio 2006.
- ITC/UNCTAD/OMT. **Organic food and beverages: world supply and major European markets**. Genebra: ITC, 1999. 271 p.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- MALTA, M. R.; THEODORO, V. C. A. de; CHAGAS, S. J. R. Características físico-químicas e sensoriais de café beneficiado conduzido sob o sistema orgânico no município de Paraisópolis/MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL; SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 258-258.
- MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais**. 2003. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 92, dez. 2000.
- OLIVEIRA, F. L. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*): adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. 2001. 87 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- PAVAN, M. A. et al. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 187-192, fev. 1986.
- PETERS, L. Y. K. et al. Coffee production, timber and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern México. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 95, p. 481-493, 2003.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: MEC/ESAL/ABEAS, 1988. 235 p.
- SOTO-PINTO, L. et al. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 80, p. 61-69, 2000.
- STOCKDALE, E. A. et al. Soil fertility in organic farmings systems: fundamentally different? **Soil Use and Management**, v. 18, p. 301-308, 2002.
- THEODORO, V. C. A. de. Certificação de café orgânico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 136-148, jan./abr. 2002.
- THEODORO, V. C. A. de. **Transição do manejo de lavoura cafeeira do sistema convencional para o orgânico**. 2006. 142 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- THEODORO, V. C. A. de et al. Alterações da qualidade de grãos de cafés (*C. arabica* L.) colhidos no pano e no chão, provenientes de sistemas de manejo orgânico, em conversão e convencional. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, p. 38-44, 2002.
- THEODORO, V. C. A. de et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003a.
- THEODORO, V. C. A. de et al. Avaliação do estado nutricional de agroecossistemas de café orgânico no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1222-1230, nov./dez. 2003b.
- WILLER, H.; YUSSEFI, M. (Eds.). **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends**. Tholey-theley: International Federation of Organic Agriculture Movements, 2005. Disponível em: <<http://www.ifoam.org>>. Acesso em: 20 jan. 2006.
- Coffee Science, Lavras, v. 4, n. 1, p. 56-66, jan./jun. 2009**