

REDUÇÃO DA ADUBAÇÃO MINERAL DO CAFEEIRO ARÁBICA COM A UTILIZAÇÃO DE PALHA DE CAFÉ

André Luís Teixeira Fernandes¹, Felipe Santinato², Rodrigo Ticle Ferreira³, Roberto Santinato⁴

(Recebido: 04 de junho de 2012; aceito: 22 de novembro de 2012)

RESUMO: Objetivou-se, no presente trabalho, conduzido em Araxá, MG, estudar a viabilidade técnica de reduzir os níveis de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre recomendados para a nutrição mineral do cafeeiro arábica (Catuaí Vermelho IAC 144), com utilização de palha de café como adubação orgânica, em doses crescentes (2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha⁻¹) somadas às recomendações de adubação mineral, reduzindo-se proporcionalmente as quantidades dos nutrientes contidos na palha. Após três safras (2008 a 2010), concluiu-se que: a) é viável a utilização da palha de café como fonte de N, P, K e S com consequente redução desses nutrientes na adubação mineral do cafeeiro, o que permite aumentos de produtividade de até 25%; b) as adubações minerais, tanto exclusivas como as reduzidas com a palha de café são significativamente superiores em produtividade (de 88 a 135%) à testemunha, demonstrando a necessidade desses nutrientes no cultivo do cafeeiro em condições de cerrado; c) as doses maiores de palha de café não alteram o pH, o V%, o Ca²⁺, o Mg²⁺; aumentam o K⁺ e o B, e o Mg⁺², que mantiveram-se com teores adequados, bem como tenderam a aumentar a CTC e a matéria orgânica, além de reduzir o Cu e d) podem-se reduzir os níveis de N, P, K e S da adubação exclusivamente mineral, entre 6 a 44% para o N; 8 a 54% para o P; 28 a 100% para o K e de 8 a 68% para o S com o uso de palha de café como adubo orgânico para o cafeeiro.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., adubação orgânica, matéria orgânica.

REDUCTION OF MINERAL FERTILIZATION OF ARABIC COFFEE USING COFFEE STRAW

ABSTRACT: This study, conducted in Araxá, MG, aimed to evaluate the technical feasibility of reducing the levels of nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur recommended for the mineral nutrition of arabic coffee using coffee straw as organic matter in increasing doses (2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha⁻¹) added to the mineral fertilizer recommendations, reducing proportionately the quantities of nutrients in the straw. After three seasons (2008 to 2010), the conclusions were that: a) it is feasible to use coffee straw as a source of N, P, K and S with consequent reduction of mineral fertilizer nutrients in coffee, for it allows increase in productivity up to 25%; b) mineral fertilizers, both exclusive and with the reduced coffee straw are significantly higher in yield (88-135%) to the control, demonstrating the need for these nutrients in coffee cultivation in conditions of cerrado; c) the doses of coffee straw does not change the pH, V%, Ca²⁺, Mg²⁺, increase K⁺ and B, and Mg⁺², which remained with suitable levels and tended to increase CTC and organic matter, while reducing the Cu; d) the levels of N, P and K fertilizer can be reduced: from 6 to 44% for N, 8 to 54% for P; 28 to 100% for the K and from 8 to 68% for the S with the use of straw as organic fertilizer for coffee crop.

Index terms: *Coffea arabica* L., organic manure, organic matter.

1 INTRODUÇÃO

Entre as fontes de matéria orgânica utilizadas na adubação orgânica do cafeeiro, a palha de café é a mais disponível e econômica, tanto quando o café produzido é beneficiado na propriedade ou quando o mesmo retorna de benefício externo. Cada saca de café produzida resulta entre 50 a 60 kg de palha, que pode ser aplicada diretamente sob a saia das plantas, servir de “cama” no confinamento e ainda entrar na fabricação de compostos, em mistura com os esterco (MATIELLO et al., 2010). A matéria orgânica melhora as propriedades físicas, físico-químicas, químicas e biológicas do solo,

que irão influenciar de forma direta ou indireta na fertilidade do solo (MALAVOLTA, 2006). Além disso, auxilia no arejamento, na permeabilidade e na maior retenção de umidade no solo. Ela fornece nutrientes, lentamente disponíveis às plantas e aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC). No entanto, o uso exclusivo de adubos orgânicos na cultura do café implica em resultados negativos de produção em relação ao sistema convencional (MALTA et al., 2007) e perdas de produtividade (ASSIS; ROMEIRO, 2004), sendo recomendável a associação entre adubos orgânicos e minerais para a obtenção do

¹Universidade de Uberaba/UNIUBE - Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental - sala 2Z112 - Av. Nenê Sabino, 1801 - Bairro Universitário - 38055-500 - Uberaba - MG - andre.fernandes@uniube.br

²Universidade Estadual Paulista/ UNESP - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane - s/n - 14884-900 - Jaboticabal - SP - fpsantinato@hotmail.com

³EDUCAMPO/CAPAL - Rua Maria Rita de Aguiar, 172 - Bairro Centro - 38183-000 - Araxá - MG - rodrigoticle@yahoo.com.br

⁴Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA - Rodovia Heitor Penteado - Km 3 - Bairro Palmeiras - 13.092-543 - Campinas - SP - roberto.santinato@agricultura.gov.br

equilíbrio entre nutrientes e consequentemente melhor comportamento vegetativo-produtivo do cafeeiro. Dessa associação, bons resultados se comprovam em alguns trabalhos como o de Santinato et al. (2010) que, ao testar doses de diferentes tipos de adubos orgânicos, obtiveram resultados positivos ao utilizar esterco de curral e de galinha em associação com o adubo mineral, aumentando a produtividade de 9 a 20% em relação à adubação mineral exclusiva. Resultados satisfatórios também foram obtidos por Barros et al. (2001), com acréscimo na produtividade com a associação da palha de café com o adubo mineral. Para a obtenção de bons resultados na utilização de adubos orgânicos, deve-se considerar que cada tipo de composto orgânico utilizado na adubação reage com o solo e fornece nutrientes às plantas de formas e em velocidades distintas, devido à sua composição nutricional e à relação entre as quantidades de carbono e nitrogênio que apresentam (RICCI et al., 2005). Ao testar diferentes fontes nutricionais orgânicas na produção de mudas de cafeeiro em tubetes, Santos et al. (2008) concluíram que, ao utilizar a palha de café, os teores foliares de K foram superiores às demais fontes orgânicas utilizadas, enquanto que os teores foliares de Ca e Mg ficaram abaixo da faixa crítica. Na formação de mudas, Araújo et al. (2007), trabalhando com doses de compostos orgânicos obtiveram aumentos nos teores foliares de N, K e Mg e redução de P, Ca, B, Cu, Fe e Mn (DIAS; MELO, 2009) com a adição de 40% de cama de peru, em substrato artificial, favoreceu o desenvolvimento de mudas de cafeeiro. Já Fernandes et al. (2007) obtiveram resultados de produção sem diferença significativa para o cafeeiro adubado com fertilizantes organominerais e fertilização mineral exclusiva.

Propõe-se, no presente trabalho, estudar a viabilidade técnica de reduzir os níveis de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) recomendados para a nutrição mineral do cafeeiro arábica em formação, cultivado no Planalto de Araxá, através da utilização de palha de café como adubação orgânica, em diferentes doses, somadas às recomendações de adubação mineral, reduzindo-se proporcionalmente as quantidades dos nutrientes contidos na palha, de forma a manter o equilíbrio entre os mesmos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2006, no Campo Experimental da Cooperativa

Agropecuária de Araxá, em acordo com a Fundação de Apoio a Tecnologia Cafeeira de Varginha, MG (PROCAFÉ), no município de Araxá, MG, cujas coordenadas geográficas são latitude 19° 33' 21" S e longitude 46° 58' 08" W, altitude de 1040 m. O cultivo foi realizado em Latossolo Vermelho distroférico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), cujas análises físicas e químicas encontram-se discriminadas na Tabela 1. A topografia local é de 3% de declive, e o relevo é plano-ondulado. O clima da região é classificado como Cwa pelo método de Köppen, a precipitação média anual é de 1574 mm e a temperatura média anual é de 20,4 °C. Os dados meteorológicos durante a condução do experimento foram obtidos junto a uma estação agrometeorológica automática marca Davis, modelo Vantage Pro 2, instalada ao lado das parcelas experimentais.

A cultivar utilizada no experimento foi a Catuaí Vermelho IAC 144, plantada no espaçamento 4,0 x 0,5 m, (5.000 plantas.ha⁻¹). O experimento foi conduzido de 2006 a agosto de 2010.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas. Cada parcela foi composta por trinta plantas em três linhas paralelas de dez plantas, sendo as oito centrais úteis para as avaliações. Os tratamentos estudados foram uma testemunha, onde não foram feitas adubações para os macronutrientes N, P, K e S, um tratamento com adubação mineral exclusiva e quatro tratamentos com palha de café em doses crescentes de 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t.ha⁻¹, combinadas com adubação mineral, reduzindo-se proporcionalmente as quantidades dos nutrientes N, P, K e S contidos nas mesmas. Na Tabela 2, constam os tratamentos estudados na condução do experimento.

A palha de café foi distribuída em cobertura, em ambos os lados da linha de café, em faixa aproximada de 0,70 a 0,80 m, a partir do extremo da saia dos cafeeiros. Somente no plantio a palha foi aplicada no sulco de plantio, misturada com o solo da cova e demais nutrientes e corretivos. Aplicou-se a palha nos meses de agosto a setembro, sempre e logo após o término da colheita, depois de finalizado o seu processo de compostagem. As doses dos insumos utilizados antes do plantio no sulco e após o plantio, em cobertura, até aos cinquenta e quatro

meses de idade dos cafeeiros, como o Calcário, o Termofosfato magnésiano, o monoamônio fosfato, o Cloreto de potássio, a Uréia, o Sulfato de amônio e as aplicações foliares com Sulfatos de Zinco, Cobre, Manganês e Ácido bórico foram efetuadas de acordo com as recomendações propostas por Matiello et al. (2010), com as

devidas reduções para os macronutrientes N, P, K e S contidos na palha de café, de conformidade com os tratamentos estudados. Na Tabela 3 estão contidas as doses, o modo e o parcelamento dos insumos aplicadas no sulco e em cobertura antes e após o plantio até os cinquenta e quatro meses de idade do cafeeiro.

TABELA 1 – Análises físicas e químicas do solo em estudo nas profundidades de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, antes da implantação do experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Análise Física	Argila: 46,7%	Silte: 6,3%	Areia grossa: 28,9%	Areia fina: 18,1%
Análise Química	Unidade	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	
Matéria Orgânica (oxi redução)	g.dm ⁻³	29,1	20,7	
pH sol CaCl ₂	-	4,7	4,0	
Fósforo (Resina)	mg.dm ⁻³	7,0	4,0	
Potássio (Resina)	mmolc.dm ⁻³	1,4	0,6	
Cálcio (Resina)	mmolc.dm ⁻³	8,8	4,8	
Magnésio (Resina)	mmolc.dm ⁻³	3,7	1,5	
Alumínio	mmolc.dm ⁻³	16,7	4,2	
Hidrogênio	mmolc.dm ⁻³	31,1	26,7	
H + Al	mmolc.dm ⁻³	47,8	30,9	
Saturação de Bases (V%)	%	22,5	18,2	
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	mmolc.dm ⁻³	61,7	37,8	
Enxofre (Fósforo cálcio)	mg.dm ⁻³	10,8	9,7	
Boro (Água quente)	mg.dm ⁻³	0,21	0,16	
Zinco (DTPA)	mg.dm ⁻³	4,6	3,9	
Cobre (DTPA)	mg.dm ⁻³	1,3	0,8	
Manganês (DTPA)	mg.dm ⁻³	7,1	6,9	

TABELA 2 – Descrição dos tratamentos estudados no experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Tratamentos	Descrição
T1	Testemunha para ausência de N, P, K e S (T)
T2	Adubação mineral exclusiva N, P, K e S (AME)
T3	Adubação orgânica com 2,5 t ha ⁻¹ de palha de café mais adubação mineral reduzida em N, P, K e S da palha (2,5PC + AMR1)
T4	Adubação orgânica com 5 t ha ⁻¹ de palha de café mais adubação mineral reduzida em N, P, K e S da palha (5PC + AMR2)
T5	Adubação orgânica com 10 t ha ⁻¹ da palha de café mais adubação mineral reduzida em N, P, K e S da palha (10PC + AMR3)
T6	Adubação orgânica com 20 t ha ⁻¹ da palha de café mais adubação mineral reduzida em N, P, K e S da palha (20PC + AMR4)

PC = Palha de café.

TABELA 3 – Discriminação dos insumos e suas doses utilizadas antes e depois do plantio até 54 meses, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Insumos e modo de aplicação	Doses em kg.ha ⁻¹					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Calcário						
Antes do plantio*	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1º Ano**	610	320	250	50	0	0
2º Ano**	0	2.370	1.290	1.220	50	730
3º Ano**	0	800	950	750	710	0
4º Ano**	0	660	800	500	510	0
Total	4.610	8.150	7.290	6.250	5.270	4.730
Termofosfato magnésiano (Sulco de plantio)	0	1.250	1.200	1.150	1.050	860
Monoamônio fosfato**						
1º Ano	0	100	70	50	0	0
2º Ano	0	250	230	210	160	80
3º Ano	0	150	130	110	70	0
4º Ano	0	300	290	270	240	190
Total	0	800	720	640	470	270
Uréia**						
1º Ano	0	400	370	350	300	190
2º Ano	0	680	650	630	590	500
3º Ano	0	580	550	520	470	370
4º Ano	0	910	880	860	810	720
Total	0	2.570	2.450	2.360	2.170	1.780
Sulfato de amônio**						
1º Ano	0	400	340	290	180	0
2º Ano	0	750	700	640	530	310
3º Ano	0	500	440	370	250	0
4º Ano	0	1.000	940	880	770	540
Total	0	2.650	2.420	2.180	1.730	850
Cloreto potássio						
Plantio (Sulco de plantio)	0	125	0	0	0	0
1º Ano**	0	250	110	0	0	0
2º Ano**	0	750	590	440	130	0
3º Ano**	0	550	400	240	0	0
4º Ano**	0	920	770	630	330	0
Total	0	2.595	1.870	1.310	460	0
Palha de café						
Plantio (Sulco de plantio)	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
1º Ano**	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
2º Ano**	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
3º Ano**	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
4º Ano**	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
Total	0	0	12.500	25.000	50.000	100.000

*Calcário aplicado em área total em cobertura.**Insumos aplicados a 0,7 a 0,8 m da saia do café paralelamente à rua de café em cobertura.

As doses dos fertilizantes uréia, sulfato de amônio, cloreto de potássio, monoamônio fosfato (MAP) e termofosfato magnésiano (Yoorim Master IIS), utilizados em T2 (adubação mineral exclusiva) foram reduzidas nos tratamentos 3, 4, 5 e 6 com base nos teores de N, P, K e S contidos na palha de café. As doses de calcário foram calculadas a partir dos resultados da análise do solo de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m no plantio e nos resultados da camada de 0 a 0,2 m nos demais períodos, limitada em 4,0 t ha⁻¹. Os micronutrientes Zinco (Zn), Boro (B), Cobre (Cu) e Manganês (Mn) foram aplicados via foliar três vezes ao ano, na primavera, no verão e no outono nas seguintes fontes: Sulfato de Zinco (0,2; 0,3 e 0,5%), Sulfato de Manganês (0,3; 0,4 e 0,6%), Sulfato de Cobre (0,1; 0,2 e 0,3%) e Ácido Bórico (0,15; 0,3 e 0,4%) em caldas de 50, 150, 250 e 500 litros, respectivamente, do pós-plantio aos 54 meses. Na Tabela 4 constam os resultados

de análises químicas da palha de café utilizadas ano a ano e as garantias comerciais dos demais insumos utilizados no experimento.

O controle e o combate das principais pragas e doenças foram efetuados conforme recomendações propostas por Matiello et al. (2010), com fungicidas triazóis associados às estrobilurinas para o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome (1869)) e Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke). Para o complexo Phoma e Ascochyta (*Phoma spp.* e *Ascochyta spp.*), utilizou-se Boscalide. O Aldicarb foi utilizado no 1º e 2º anos e Rynaxipir nos demais anos para controlar a infestação de bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mêneville, 1842)). Para o controle da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), utilizou-se o Endosulfan a partir da primeira safra, aos 30 meses.

TABELA 4 – Análise química da palha de café e garantias comerciais dos demais insumos utilizados no experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Análise Química da Palha de café										
Períodos	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn
No Plantio	0,97	0,31	3,46	0,38	0,11	0,21	52	25	17	41
1ª Ano	0,98	0,46	3,38	0,40	0,15	0,15	79	20	11	290
2ª Ano	0,87	0,41	3,71	0,29	0,10	0,11	106	41	18	32
3ª Ano	1,01	0,37	3,66	0,47	0,18	0,17	53	32	21	27
4ª Ano	0,92	0,26	3,51	0,33	0,09	0,18	61	25	13	36
Garantias comerciais dos insumos:										
Calcário:	PRNT: 82%; CaO: 32% e MgO: 16%									
Úreia:	N: 44%									
Sulfato de amônio:	N: 20% e S: 24%									
Monoamônio fosfato:	N: 9% e P: 48%									
Cloreto potássio:	K: 58% e Cl: 42%									
Yoorim Master II S:	P. total: 18%; P. solúvel em ácido cítrico: 16%; Ca: 20%; Mg: 9%; Zn: 0,5%; B: 0,1 % Cu: 0,05% e Mn: 0,12%									
Sulfato de zinco:	Zn: 21% e S: 16%									
Sulfato de cobre:	Cu: 24% e S: 18%									
Sulfato de manganês	Mn: 25% e S: 15%									
Ácido bórico:	B: 17%									

As avaliações do experimento constaram das três primeiras safras, com a colheita dos frutos das oito plantas centrais de cada parcela, quando apresentavam um máximo de 15% de frutos verdes. Os cafés colhidos tiveram os volumes medidos através de recipiente graduado e colocados para secagem até o ponto de proceder ao beneficiamento. Com o peso do café beneficiado, realizou-se a transformação em sacas beneficiadas de 60,0 kg.ha⁻¹, para cada parcela.

Como avaliações complementares, foram feitas análises foliares para N, P, K e S e análise do solo para matéria orgânica, pH, saturação de bases (V%), CTC, P, K, magnésio (Mg), cálcio (Ca), S, Zn, B, Cu e Mn, após a colheita em junho de 2008, agosto de 2009 e julho de 2010. O solo foi coletado na profundidade de 0 a 0,2 m na projeção da saia dos cafeeiros dos dois lados da linha de café, em quatro amostras simples por parcela para gerar uma amostra composta. As folhas do 3º e 4º pares foram coletadas no terço médio dos cafeeiros nos dois lados da linha de café e com 50 pares por parcela. Os resultados de produtividade foram submetidos às análises da variância e de comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 constam os dados de temperatura média do ar nos cinco anos de desenvolvimento do experimento. Nota-se que as temperaturas médias

foram inferiores a 19°C apenas em três meses, durante todo o experimento (junho de 2006, maio de 2007 e junho de 2008). Segundo Santinato et al. (2008), abaixo de 19°C, o cafeeiro reduz significativamente o seu crescimento, o que praticamente não ocorreu durante todo o experimento. Na Figura 2, constam os dados de precipitação durante o experimento, cujos valores somaram 1.576, 1.611, 1.737, 1.812 e 1.481, respectivamente para 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010.

Na Tabela 5 estão discriminados os resultados obtidos nas três primeiras safras após o plantio, e o total produzido no triênio analisado. É evidente, de forma significativa, a superioridade da produção de todos os tratamentos adubados com N, P, K e S, quando comparados com a testemunha, demonstrada a importância desses nutrientes no solo em estudo para a nutrição do cafeeiro. Atribuindo o valor 100 à testemunha (T1 – sem N, P, K e S), verifica-se que os tratamentos adubados, no total das três safras, promoveram o aumento de 88 a 135% na produção (Tabela 5).

Os tratamentos com 5,0 e 10,0 t ha⁻¹ de palha de café foram significativamente superiores ao tratamento adubado com palha de café (T3) e ao tratamento exclusivamente mineral. Os tratamentos com palha de café foram de 13 a 25% mais produtivos quando se atribuiu o valor 100 à produção obtida no tratamento de adubação exclusivamente mineral (T2) e à testemunha (T1) sem N, P, K e S, ao considerar-se o total produzido (Tabela 5), corroborando com outros autores

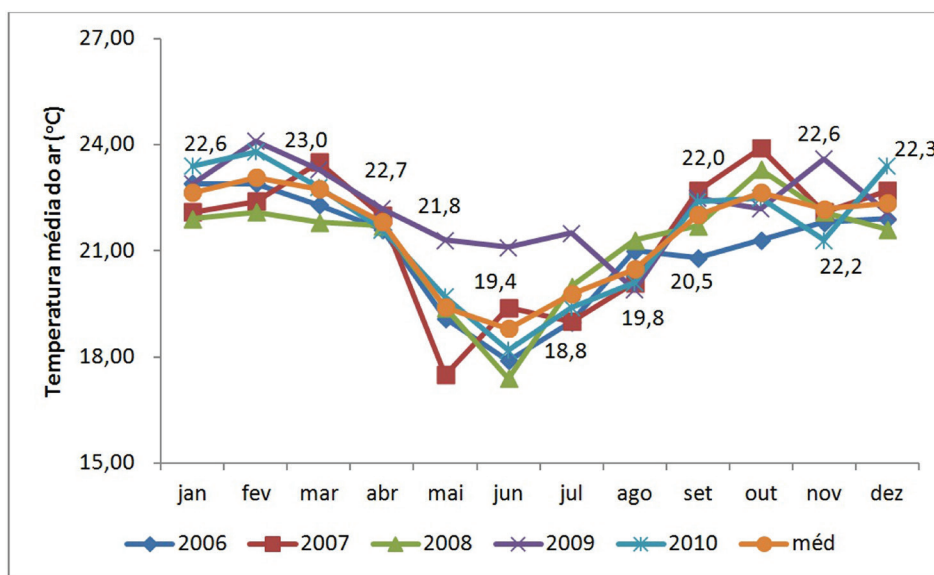


FIGURA 1 – Temperatura média do ar durante todo período experimental, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

(BARROS et al., 2001; SANTINATO et al., 2010), que trabalharam com palha de café na adubação orgânica do cafeeiro, em diferentes condições de clima e solo. Considerando-se as safras isoladamente, observou-se maior diferença entre tratamentos com aplicação de palha na 2ª safra.

A maior produtividade dos tratamentos com a palha de café foi provavelmente devido às melhorias físicas, físico-químicas, químicas e biológicas no solo, bem como a disponibilidade constante dos

nutrientes contidos na matéria orgânica. Segundo Primavesi (1982), quanto mais intensa for a decomposição do material vegetal morto, tanto maior será seu efeito agregante sobre o solo. É por isso que a palha adicionada ao solo tem maior efeito agregante que os esterco de curral, por exemplo. Quanto maior a decomposição dos restos vegetais e quanto mais ativa a formação de substâncias intermediárias de decomposição, tanto maior e mais benéfico será o efeito sobre a estrutura do solo.

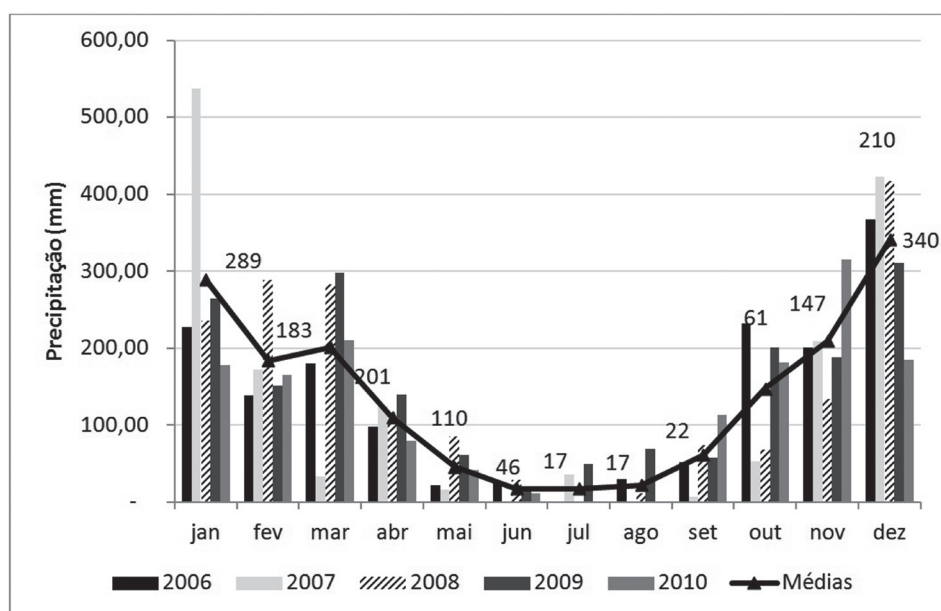


FIGURA 2 – Precipitação durante todo o período experimental, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

TABELA 5 – Resultados das produções de 3 safras em sacas 60 kg ha⁻¹ de café beneficiado em função dos diferentes tratamentos utilizados, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Tratamentos	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	Total produzido (triênio)	PR% para:	
					T	AMR
T1 (testemunha)	28,3 b	25,0 b	39,7 b	93,0 c	100	-43,1
T2 (AME)	63,4 a	35,9 ab	75,6 a	174,9 b	+88	100
T3 (2,5 PC + AMR1)	70,8 a	41,5 ab	85,6 a	197,9 b	+113	+13
T4 (5,0 PC + AMR2)	77,4 a	45,6 a	95,0 a	218,0 a	+134	+25
T5 (10,0 PC + AMR3)	80,1 a	42,8 ab	95,2 a	218,1 a	+135	+25
T6 (20,0 PC + AMR4)	76,9 a	39,7 ab	82,7 a	199,3 ab	+114	+14
CV (%)	13,79	20,90	13,68	6,90		

*Em cada coluna para cada tratamento médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

*Tratamentos: AME: Adubação mineral exclusiva; PC: Palha de café; AMR (1,2,3,4): Adubação mineral reduzida; PR = Produção relativa, em %.

Na Tabela 6 e nas Figuras de 3 a 7 estão demonstrados os efeitos das doses de palha de café, nas propriedades químicas do solo. A matéria orgânica praticamente não se alterou, apenas houve tendência de elevar-se na média do triênio nas doses maiores de palha de café (10,0 e 20,0 t ha⁻¹).

Nos tratamentos, de maneira geral, houve redução nos teores de matéria orgânica, pela provável mineralização das quantidades iniciais (Tabela 6). Independente disso, todos os tratamentos

apresentaram teores adequados de matéria orgânica para o cafeeiro, conforme limites apresentados por Matiello et al. (2010), após 54 meses de cultivo, inclusive a testemunha, pelo provável acúmulo de cultivo dos resíduos orgânicos. Considerando-se apenas o período de safra, diferença significativa para tratamentos só foi observados na 3ª safra. A CTC também apresentou tendência de elevar-se nas doses maiores da palha de café, diferindo estatisticamente entre tratamentos na 1ª e 2ª safra.

TABELA 6 – Resultados de análise química de solo em 0 a 0,2 m, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Análises	Períodos	Tratamentos						CV%
		1	2	3	4	5	6	
Matéria orgânica (Oxi-redução) g dm ⁻³	1º Safra	56,0 a	53,0 a	57,0 a	61,0 a	61,0 a	57,0 a	6,55
	2º Safra	39,5 a	32,5 a	36,75 a	38,5 a	38,5 a	38,0 a	8,89
	3º Safra	37,0 ab	33,0 b	34,0 b	38,0 ab	43,0 a	43,0 a	8,14
	Média	44,0	39,5	42,6	45,8	47,5	46,0	-
pH (sol. CaCl ₂)	1º Safra	5,5 a	4,4 b	4,6 ab	5,4 a	5,45 a	4,9 ab	8,21
	2º Safra	5,7 a	5,1 ab	4,8 b	4,8 b	4,8 b	5,0 b	5,84
	3º Safra	6,3 a	5,1 b	5,0 b	6,1 ab	6,1 ab	6,8 a	8,53
	Média	5,83	4,86	4,80	5,43	5,45	5,56	-
V%	1º Safra	65,0 a	21,0 c	30,0 bc	34,0 bc	59,0 a	47,0 ab	19,31
	2º Safra	69,0 a	49,0 bc	42,0 c	44,5 bc	44,5 bc	60,5 ab	14,28
	3º Safra	70,0 ab	46,0 c	45,0 c	48,0 c	67,0 b	79,0 a	7,63
	Média	68,0	38,6	39,0	42,1	56,8	62,1	-
CTC mmolc dm ⁻³	1º Safra	75,4 b	98,5 a	70,4 b	70,8 b	83,4 ab	92,2 a	8,11
	2º Safra	77,9 bc	73,3 c	86,5 b	79,4 bc	79,5 bc	103,2 a	6,51
	3º Safra	62,9 a	75,6 a	66,2 a	67,9 a	72,8 a	73,3 a	8,42
	Média	72,0	82,4	74,3	72,7	78,6	89,5	-
P (resina) mg dm ⁻³	1º Safra	20,0 b	41,0 a	29,0 b	20,0 b	23,0 b	26,0 b	15,31
	2º Safra	20,0 b	32,0 a	18,0 b	15,0 b	14,0 b	33,5 a	17,35
	3º Safra	6,0 b	36,0 a	11,0 b	11,0 b	10,0 b	6,0 b	19,72
	Média	15,3	36,3	19,3	15,3	16,0	21,8	-
K (resina) mmolc dm ⁻³	1º Safra	1,25 bc	1,0 bc	0,8 c	1,2 bc	1,3 b	2,1 a	15,62
	2º Safra	1,2 c	3,0 ab	3,0 ab	2,7 b	2,7 b	3,7 a	14,49
	3º Safra	1,1 d	2,0 cd	2,4 c	3,6 b	3,6 b	6,4 a	13,88
	Média	1,18	2,00	2,06	2,50	2,53	4,06	-
Mg (Resina) mmolc dm ⁻³	1º Safra	12,0 a	4,0 c	5,0 c	6,0 bc	12,0 a	10,0 ab	24,69
	2º Safra	10,0 a	8,0 a	7,0 a	7,0 a	7,0 a	11,5 a	26,41
	3º Safra	7,5 a	8,0 a	5,0 a	6,0 a	7,5 a	9,0 a	24,70
	Média	10,0	6,7	5,7	6,3	8,9	10,2	-
Ca (Resina) mmol dm ⁻³	1º Safra	35,0 a	16,0 b	16,0 b	18,0 b	36,0 a	31,0 a	11,12
	2º Safra	39,0 a	24,0 b	25,5 b	25,5 b	25,5 b	40,0 a	17,13
	3º Safra	30,0 ab	21,8 bc	18,5 c	22,7 abc	24,0 abc	30,5 a	15,00
	Média	34,6	20,6	20,0	22,0	28,5	33,8	-

Continua...

TABELA 6 – Continuação.

Análises	Períodos	Tratamentos						CV%
		1	2	3	4	5	6	
S (Fof. Calcio) mg dm ⁻³	1º Safra	15,0 c	101,0 a	56,0 b	36,0 bc	35,0 bc	50,0 b	19,68
	2º Safra	21,0 d	90,0 a	45,0 bc	61,0 b	47,0 bc	32,0 cd	15,87
	3º Safra	5,0 c	66,0 a	49,0 ab	72,5 a	44,0 ab	22,0 bc	31,48
	Média	13,7	85,7	50,0	56,5	42,0	34,6	-
Zn (DTPA) mg dm ⁻³	1º Safra	6,7 a	6,4 a	8,3 a	6,2 a	6,1 a	6,4 a	33,50
	2º Safra	4,9 a	5,5 a	7,1 a	5,9 a	6,2 a	7,1 a	18,93
	3º Safra	5,4 a	3,6 bc	4,1 abc	3,2 c	4,7 ab	5,25 a	13,73
	Média	5,6	5,1	6,4	5,1	5,6	6,2	-
B (Água quente) mg dm ⁻³	1º Safra	0,24 b	0,25 b	0,39 ab	0,33 ab	0,48 a	0,40 ab	22,16
	2º Safra	0,18 c	0,46 a	0,34 b	0,32 b	0,34 b	0,40 ab	10,14
	3º Safra	0,22 c	0,34 c	0,34 c	0,35 c	0,51 b	1,1 a	14,28
	Média	0,21	0,35	0,35	0,34	0,44	0,63	-
Cu (DTPA) mg dm ⁻³	1º Safra	1,9 bc	2,3 ab	2,7 a	1,7 c	1,7 c	1,7 c	12,22
	2º Safra	2,1 bc	2,5 ab	2,8 a	1,9 cd	2,1 bc	1,5 d	11,87
	3º Safra	3,0 b	3,6 a	3,6 a	3,6 a	3,4 ab	2,3 c	7,80
	Média	2,3	2,8	3,0	2,4	2,4	1,9	-
Mn(DTPA) mg dm ⁻³	1º Safra	3,9 a	2,9 a	3,6 a	3,3 a	3,0 a	3,8 a	14,97
	2º Safra	3,6 b	3,2 b	3,8 b	5,8 ab	8,9 a	5,4 ab	41,76
	3º Safra	4,0 c	6,0 b	7,0 a	7,4 a	7,3 a	4,0 a	7,0
	Média	3,8	4,0	4,6	5,5	5,9	4,4	-

*Amostras retiradas (0-0,2 m) meses junho, Agosto e Julho após as 3 safras. Tratamentos seguidos das mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

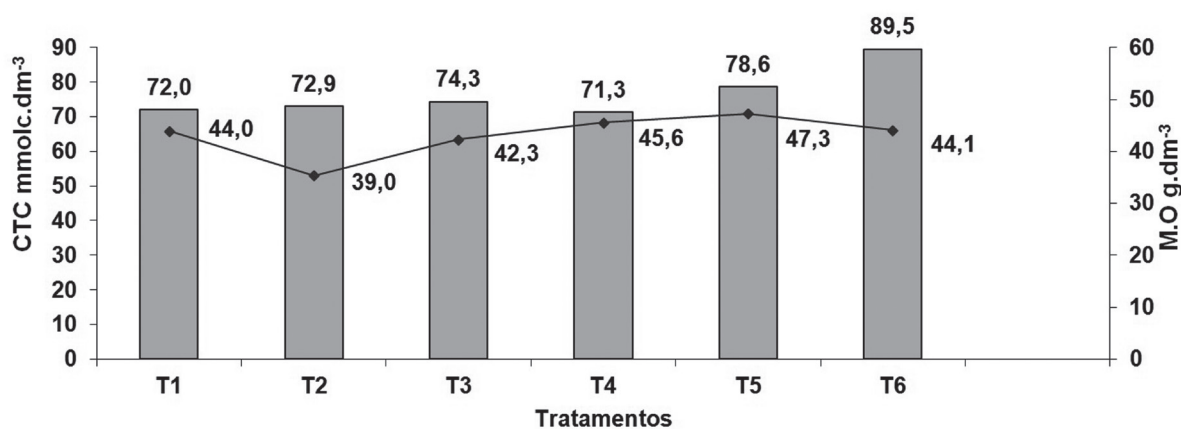


FIGURA 3 – Alterações químicas na matéria orgânica (linhas) e CTC do solo (barras) na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

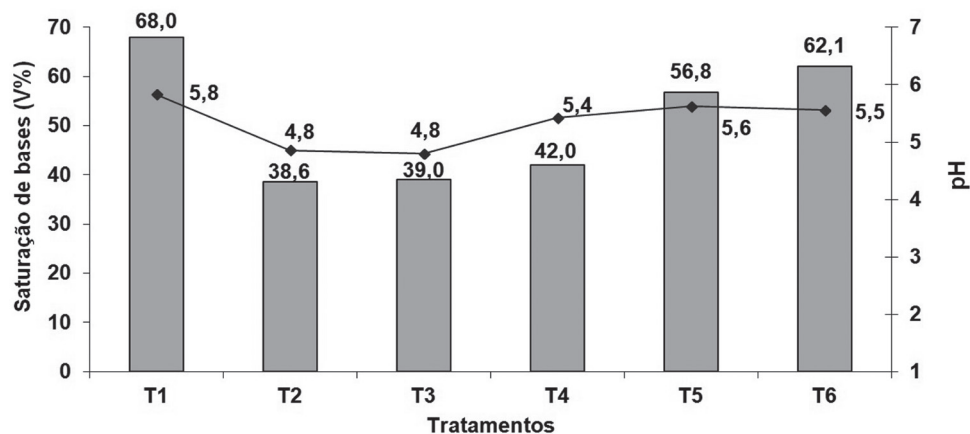


FIGURA 4 – Alterações químicas do pH (linhas) e V% (barras) no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

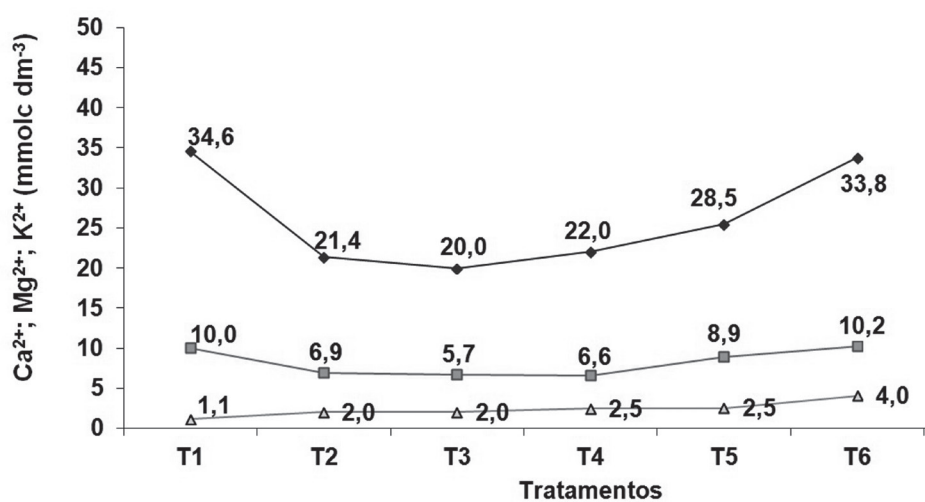


FIGURA 5 – Alterações químicas do Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

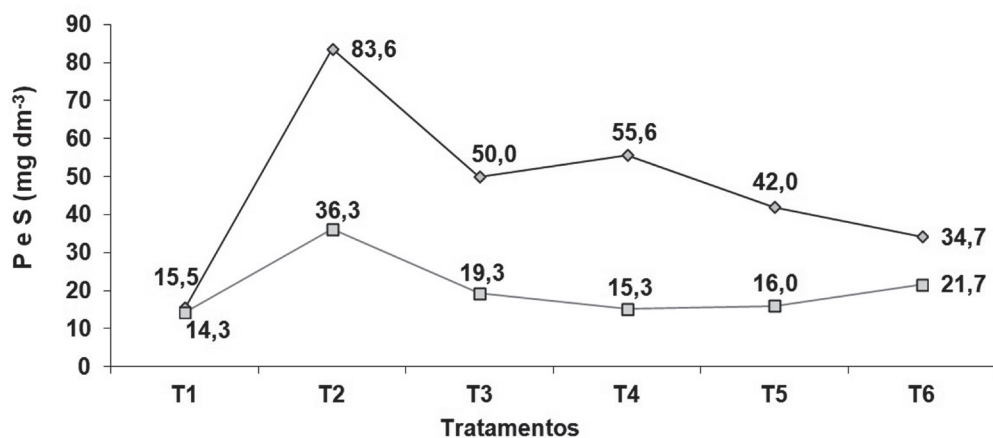


FIGURA 6 – Alterações químicas de P e S no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

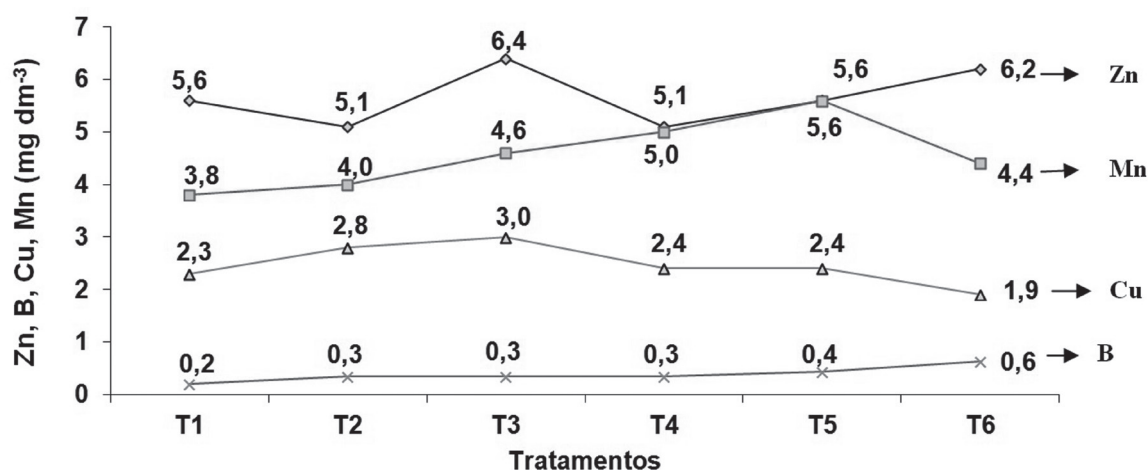


FIGURA 7 – Alterações químicas de Zn, B, Cu e Mn no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

O pH foi influenciado na média das 3 safras de forma negativa nos tratamentos com maiores quantidades de nutrientes minerais (T2, T3 e T4), sendo acompanhados com o índice de saturação de bases. Nas doses maiores da palha de café (10,0 e 20,0 t ha⁻¹), o pH e a saturação de bases (V%) mantiveram-se em teores adequados. Para as bases, houve redução significativa do cálcio (Ca²⁺) e do magnésio (Mg²⁺) nos tratamentos T2, T3 e T4, devido às maiores doses de adubos minerais que acidificam o solo. Nos tratamentos T5 e T6, os teores de Ca e Mg mantiveram-se adequados (MATIELLO et al., 2010). Quanto ao íon potássio (K⁺), os tratamentos com palha de café e o tratamento da adubação mineral foram suficientes para manter os teores adequados (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002), havendo acúmulo do potássio na dose de 20,0 t ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou teor inadequado para a cultura.

Quanto ao fósforo, somente o tratamento exclusivamente mineral apresentou teor adequado para a cultura. Os tratamentos com palha de café, devido ao baixo teor de P₂O₅ da palha ou pela provável não extração em sua forma orgânica, tiveram teores inferiores ao adequado; no entanto, esses menores teores não influenciaram na produtividade. O enxofre apresentou teores adequados para todos os tratamentos, exceto para a testemunha, que teve o teor inferior ao adequado para a cultura. Os teores elevados de enxofre nos tratamentos T2, T3, T4 e T5 foram provocados pelas aplicações do fertilizante sulfato de amônio.

Quanto aos micronutrientes, o B e o Mn apresentaram teores inferiores ao adequado,

exceto o B no tratamento T6. O Zn e Cu apresentaram teores adequados para o cafeeiro (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008). O Zn e o Mn não sofreram influência das adubações; o Cu, na dose maior (20,0 t ha⁻¹) da palha, sofreu redução e o teor de B, a partir de 10,0 t ha⁻¹, elevou-se.

Os teores foliares de N, discriminados na Tabela 7, foram inferiores para a testemunha, comparando-se com os tratamentos adubados, exceto na 1ª Safra, o que ocorreu da mesma forma para o K. Para o P, ocorreu diferença significativa apenas na 2ª Safra em que o T4 foi superior testemunha sem N, P, K e S. Para o S, ocorreram diferenças significativas também na 2ª Safra onde o tratamento T5 foi superior aos tratamentos T1 e T2 e, na 3ª Safra, o tratamento T6 se comportou da mesma forma; em ambos os casos, as testemunhas foram inferiores.

A adubação orgânica associada à mineral reduzida manteve os teores foliares similares à adubação mineral exclusiva, estando de acordo com dados obtidos por Martinez et al. (2003). Na Tabela 8, estão resumidos os dados de N, P, K e S, utilizados do plantio até aos 54 meses de cultivo do cafeeiro (tratamento 2) e as reduções proporcionais em percentagens nos demais tratamentos, em função das doses da palha de café utilizada e seus teores em cada ano de aplicação. Assim, é possível apurar que a redução dos níveis de adubação mineral do cafeeiro pode ser de: 6 a 44% para o N, 8 a 54% para o P; 28 a 100% para o K e 8 a 68% para o S, com o uso da palha de café na adubação orgânica.

TABELA 7 – Resultados das análises foliares de N, P, K e S aos 30, 42 e 54 meses de idade dos cafeeiros após as colheitas, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Nutrientes	Tratamentos	1º Safra	2º Safra	3º Safra
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	T	23,8 a	21,3b	20,6b
	AME	29,6 a	30,1a	32,4 a
	2,5 PC+AMR1	29,1 a	32,6 a	29,7 a
	5,0PC+AMR2	29,4 a	29,8 a	33,4 a
	10,0PC+AMR3	25,2 a	30,7 a	31,1 a
	20,0PC+AMR4	28,7 a	29,4 a	29,8 a
	CV%	14,47	11,95	6,90
Fosfóro (g kg ⁻¹)	T	0,9 a	0,7 b	0,7 a
	AME	0,8 a	0,9 ab	1,1 a
	2,5 PC+AMR1	0,8 a	0,8 ab	0,9 a
	5,0PC+AMR2	0,6 a	1,0 a	1,0 a
	10,0PC+AMR3	0,7 a	0,8 ab	1,2 a
	20,0PC+AMR4	0,7 a	0,9 ab	1,0 a
	CV%	17,92	14,46	22,54
Potássio (g kg ⁻¹)	T	17,8 a	15,4 b	14,8 c
	AME	20,3 a	21,2 a	19,7 ab
	2,5 PC+AMR1	18,0 a	19,3 ab	18,9 b
	5,0PC+AMR2	18,4 a	21,2 a	19,1 b
	10,0PC+AMR3	18,3 a	20,9 a	20,2 ab
	20,0PC+AMR4	21,5 a	22,4 a	23,4 a
	CV%	11,95	8,59	8,71
Enxofre (g kg ⁻¹)	T	1,3 a	0,5 b	0,6 c
	AME	1,1 a	0,7 b	0,8 bc
	2,5 PC+AMR1	1,1 a	0,9 ab	1,0 abc
	5,0PC+AMR2	1,1 a	0,8 ab	1,2 ab
	10,0PC+AMR3	1,6 a	1,35 a	1,0 abc
	20,0PC+AMR4	1,2 a	1,0 ab	1,3 a
	CV%	24,48	28,84	20,84

*Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 8 – Redução dos níveis de NPK e S a adubação mineral com utilização das diferentes doses da palha de café de 0 a 54 meses de cultivo do cafeeiro

Tratamentos	T2 (AME) (kg ha ⁻¹)	T3 (2,5 PC + AMR1)	T4 (5 PC + AMR2)	T5 (10 PC + AMR3)	T6 (20PC + AMR3)
Nitrogênio	1.733	-6,2%	-11,6%	-40,5%	-43,6%
Fósforo	584	-8,0%	-15,9%	-32,7	-54,3%
Potássio	1.557	-28,0%	-49,6%	-82,3%	-100,00%
Enxofre	636	-8,7%	-17,8%	-34,8%	-68,1%

*Somatória dos níveis de N, P, K e S com as fontes de Uréia, Sulfato de amônio e MAP para o Nitrogênio. Yoorim master II S e MAP para o Fósforo. Cloreto de potássio para o Potássio, e Yoorim Master II S mais Sulf. Amônio para o Enxofre.

**Não foi considerado o S do Sulfato de Zinco, Manganês e Cobre utilizados.

4 CONCLUSÕES

1. É viável a utilização da palha de café como fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, com consequente redução desses nutrientes na adubação mineral do cafeeiro;

2. As adubações minerais, tanto exclusivas como as reduzidas com a palha de café são significativamente superiores em produtividade à testemunha, demonstrando a necessidade desses nutrientes no cultivo do cafeeiro em condições de cerrado; As doses maiores de palha de café (10,0 e 20,0 t.ha⁻¹) não alteram o pH, o V%, o Ca²⁺, o Mg²⁺; aumentam o K⁺ e o B, e o Mg⁺², que mantiveram-se com teores adequados, bem como tenderam a aumentar a CTC e a matéria orgânica, além de reduzir o Cu;

3. Podem-se reduzir os níveis de N, P, K e S da adubação exclusivamente mineral, entre 6 a 44% para o N; 8 a 54% para o P; 28 a 100% para o K e de 8 a 68% para o S, com o uso de palha de café como adubo orgânico para o cafeeiro.

5 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. B. S. et al. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2007.
- ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. Análise do processo de conversão de sistemas de produção de café convencional para orgânico: um estudo de caso. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 143-168, 2004.
- BARROS, U. V. et al. Doses e modos de aplicação da palha de café e esterco de gado associado ao adubo químico na formação e produção do cafeeiro na Zona da Mata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA-PROCAFÉ, 2001. p. 48-50.
- DIAS, R.; MELO, B. de. Proporção de material orgânico no substrato artificial para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 144-152, jan./fev. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 412 p.
- FERNANDES, A. L. T. et al. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2007.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Nutrição do cafeeiro: extração de nutrientes, calagem e gessagem nas fases de plantio, formação e produção. In: GUIMARÃES, R. J. et al. (Ed.). **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2002. p. 194-234.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- MALTA, M. R. et al. Produtividade de lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) em conversão para o sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 183-191, 2007.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 703-713, 2003.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro; Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2010. 542 p.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541 p.
- RICCI, M. S. F. et al. Growth rate and nutritional status of organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.
- SANTINATO, R. et al. Adubação orgânica na formação e produção do cafeeiro cultivado em solo de cerrado LE argiloso, com doses crescentes de palha de café associadas à adubação química, reduzida conforme os nutrientes NPKS contidos na palha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 36., 2010, Guarapari. **Anais...** Varginha: MAPA-PROCAFÉ, 2010. p. 264-266.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Belo horizonte: O Lutador, 2008. 474 p.
- SANTOS, F. da S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 783-791, jul. 2008.