

PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO E ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DE LATOSSOLO SOB INFLUÊNCIA DE ADENSAMENTO DA LAVOURA E MANEJO DA CALAGEM¹

Coffee yield and fertility attributes of a latosol under influence of population density and liming management

Carlos Alberto Silva², Leônidas Carrijo Azevedo Melo³,
Otacílio José Passos Rangel⁴, Paulo Tácito G. Guimarães⁵

RESUMO

Com este estudo, teve-se por objetivo avaliar os efeitos de densidades de plantio e de manejo da calagem sobre os atributos de fertilidade de Latossolo e sobre o estado nutricional e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). O estudo foi conduzido de fevereiro de 2000 a junho de 2003 na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso (MG). Os tratamentos testados consistiram da combinação de duas densidades populacionais (2.857 e 10.000 plantas ha⁻¹) com três métodos de manejo de calagem (sem aplicação de calcário; calagem superficial e incorporação de calcário de 0 a 20 cm), além de um tratamento com aplicação de calcário (0 a 20 cm) e gesso. O solo foi amostrado nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, em quatro épocas de amostragem, sendo realizadas as seguintes determinações analíticas: pH, Ca e Mg trocáveis, P (Mehlich-1), sulfato, nitrato e amônio, além da saturação por bases. Os métodos de manejo da calagem reduziram a acidez na camada de solo de 0 a 10 cm; contudo, somente na quarta amostragem foi verificada movimentação no perfil de solo do calcário aplicado em superfície. Os atributos de fertilidade do Latossolo não foram influenciados pelos sistemas de plantio de cafeeiro. O adensamento da lavoura resultou em um acréscimo médio na produtividade de cafeeiro de 14 e 33 sacas ha⁻¹, respectivamente, para a 1^a e 2^a colheitas.

Termos para indexação: Densidade populacional, acidez do solo, estado nutricional do cafeeiro, lixiviação de cátions, *Coffea arabica*.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of coffee population density and liming management practices on the fertility attributes of a Latosol, and in the nutritional status and yield of coffee (*Coffea arabica* L.). The experiment was carried out from February 2000 to June 2003 in the Experimental Farm of Epamig (São Sebastião do Paraíso, MG). The treatments tested consisted of the combination of two coffee population densities (2,857 and 10,000 plants ha⁻¹) with three methods of liming management (without lime; lime incorporation at 0 to 20 cm soil layer, and surface liming). As an additional treatment, liming (0 to 20 cm) plus phosphogypsum were applied in an area with 10,000 pl ha⁻¹. Soil samples were collected at soil depths of 0 to 10, 10 to 20 and 20 to 40 cm, in four sampling times. The samples were analyzed for: pH, Ca and Mg exchangeable, P (Mehlich-1 solution), sulfate, nitrate and ammonium, and the saturation for bases. The liming management practices reduced the acidity until the soil depth of 0 to 10 cm. Transport of lime applied at soil surface was verified only at the fourth sampling. The soil fertility attributes analyzed were not influenced by coffee population density. In average, the coffee yield in the higher plant density was 14 and 33 bags ha⁻¹ higher than in the lower plant density, respectively in the first and second harvest seasons.

Index terms: Population density, soil acidity, coffee nutritional status, cation leaching, *Coffea arabica*.

(Recebido para publicação em 12 de março de 2004 e aprovado em 26 de agosto de 2004)

INTRODUÇÃO

No sul de Minas Gerais, as lavouras cafeeiras são implantadas em solos ácidos com baixa reserva de nutrientes, o que restringe a produtividade do cafeeiro, caso não sejam realizadas a calagem e a adubação

do solo. Nessa parte do Estado de Minas Gerais, a maioria das lavouras é formada com menos de 3.000 plantas ha⁻¹; contudo, nos últimos anos, tem sido verificado aumento na área plantada com o sistema adensado, em

1. Trabalho conduzido com suporte financeiro do CBP&D-Café/Embrapa.

2. Professor do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG.

3. Estudante de Graduação (Agronomia) – DCS/UFLA.

4. Pós Graduando em Solos e Nutrição de Plantas – DCS/UFLA.

5. Pesquisador da EPAMIG/CTSM – Caixa Postal 176 – 37200-000 – Lavras, MG.

que o número de plantas por hectare é superior a 5.000. Segundo Pavan et al. (1999), o adensamento da lavoura proporciona melhoria na eficiência de uso de água e nutrientes pelo cafeeiro, o que, invariavelmente, resulta em ganhos de produtividade e melhoria da fertilidade do solo.

Em relação aos atributos de fertilidade do solo, Pavan e Chaves (1996) verificaram que o adensamento de lavoura implantada em Latossolo resultou em acréscimo do pH, dos teores trocáveis de Ca, Mg e K, dos teores de P extraível e do estoque de carbono orgânico, e diminuição dos teores de alumínio trocável, sendo essas alterações mais pronunciadas nas parcelas com Catuaí amarelo. No mesmo estudo, após 14 anos de cultivo de cafeeiro, Pavan e Chaves (1996) notaram que, nas áreas sob plantio adensado, o pH em água elevou-se de 4,4 para 5,4. A diminuição nos teores de Al trocável nas áreas de café adensado foi associada ao efeito do pH na atividade desse elemento e à possível complexação do Al por exsudatos orgânicos (HUE et al., 1986). Segundo Pavan et al. (1999), o acréscimo do número de plantas por área permite ainda melhor controle da erosão, aumento do teor de água do solo e capacidade de o solo reter cátions e da colonização de raízes de cafeeiro por micorrizas. A maior queda de folhas e ramos e as reduções observadas nas taxas de escurimento de água, de lixiviação de nitrato e de oxidação da matéria orgânica são as principais causas das alterações na fertilidade do solo em sistemas de cultivo adensado (PAVAN e CHAVES, 1996). Em áreas de cafeeiro adensado, o acréscimo dos teores trocáveis de Ca, Mg e K, segundo Pavan e Chaves (1996), possivelmente é explicado pela maior eficiência da ciclagem e menor lixiviação desses cátions como íons acompanhantes de nitrato.

Em relação ao manejo da calagem em lavouras cafeeiras, a maior preservação e o acúmulo de matéria orgânica assumem importância, uma vez que a maior disponibilidade de íons fulvatos e de ácidos orgânicos de baixa massa molecular em solo ajuda a movimentar o calcário aplicado em superfície para as camadas mais profundas do solo (SMITH et al., 1995; LIU e HUE,

1996; OLIVEIRA e PAVAN, 1996). Em lavouras já implantadas, a correção da acidez é dificultada em razão de a incorporação de calcário afetar o sistema radicular do cafeeiro (GUIMARÃES, 1992), sendo o calcário quase sempre aplicado em superfície ou incorporado na camada de solo superficial, em média, na profundidade de até 10 cm. Assim, na maioria das lavouras, o calcário é aplicado nas camadas superficiais, o que inibe o aprofundamento do sistema radicular do cafeeiro, o que representa grande risco de perdas de safras, caso ocorram veranico, e elevação excessiva do pH do solo em caso de supercalagem.

Considerando o fato de que a acidez do solo é um dos fatores que mais limitam a produtividade do cafeeiro em lavouras do sul de Minas Gerais, levando-se em conta a dificuldade de se aplicar calcário em lavouras já formadas e a ausência de estudos nos quais se avaliam os efeitos do sistema adensado de plantio de cafeeiro sobre os atributos de fertilidade do solo, e a necessidade de se verificar a movimentação de corretivo de acidez em diferentes sistemas de plantio de cafeeiro, com este estudo objetivou-se avaliar os efeitos de combinações de densidades de plantio com métodos de aplicação do calcário sobre alguns atributos de fertilidade de Latossolo e sobre o estado nutricional e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, no período de fevereiro de 2000 a junho de 2003, sendo as parcelas experimentais implantadas em um Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) textura muito argilosa localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso (MG). O Latossolo sob estudo foi caracterizado quimicamente (Tabela 1) em novembro de 1999, utilizando-se nas determinações analíticas amostras de solo das camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, seguindo-se protocolos analíticos descritos em Silva (1999).

TABELA 1 – Caracterização química do solo antes da instalação do experimento e tratamentos em campo (Condições naturais).

Prof. cm	pH água	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	T	K ⁺	P*	S	V
		----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----			--- % ---
0-20	5,2	0,3	1,2	0,6	7,6	85	5,0	3,5	27
20-40	5,1	0,1	1,0	0,6	6,2	87	2,2	2,6	24

* Extração com solução de Mehlich-1.

O plantio do cafeeiro foi realizado em fevereiro de 2000, sendo cultivada a variedade Catuaí Vermelho, linhagem MG-99, sensível ao alumínio, com uma planta por cova. A unidade experimental no sistema tradicional de plantio foi constituída por 24 plantas, distribuídas em três fileiras com oito plantas, sendo a parcela útil composta pelas seis plantas centrais. No sistema adensado de plantio, a parcela era composta por 45 plantas, em cinco fileiras de nove plantas, com a parcela útil constituída pelas seis plantas centrais.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas representaram os sistemas de plantio (adensado e tradicional), além de um tratamento com aplicação de calcário e gesso agrícola, e as subparcelas representaram os métodos de aplicação do calcário (sem aplicação; calagem superficial e incorporada). Assim, os tratamentos estudados foram os seguintes: 1) sistema tradicional de plantio (2.857 plantas ha⁻¹, no espaçamento 3,50 x 1,00 m), sem adição de calcário (TRADSC); 2) sistema adensado de plantio (10.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento 2,00 x 0,5 m), sem a adição de calcário (ADENSC); 3) sistema tradicional de plantio com a incorporação de calcário dolomítico de 0 a 20 cm de profundidade (TRADCI); 4) sistema tradicional de plantio com a aplicação em superfície de calcário dolomítico (TRADCS); 5) sistema adensado de plantio com a incorporação de calcário dolomítico de 0 a 20 cm de profundidade (ADENCI); 6) sistema adensado de plantio com a aplicação em superfície de calcário dolomítico (ADENCS); 7) sistema tradicional de plantio com a aplicação de calcário dolomítico (incorporado na profundidade de 0 a 20 cm), mais o uso de gesso agrícola (TRADCIG).

A calagem foi efetuada 90 dias antes da implantação do experimento, em dezembro de 1999, visando-se a elevar a saturação por bases (V) a 60%, sendo a necessidade de calagem calculada pelo método da saturação por bases, de acordo com CFSEMG (1999). A quantidade de gesso aplicada foi calculada tendo como base a textura do solo, sendo aplicados cerca de 2.000 kg ha⁻¹. O calcário utilizado apresentou 38,16% de CaO; 14% de MgO; PN de 102,9% e PRNT de 100% e o gesso continha 25% de CaO e 17% de S. As adubações para implantação e manutenção do cafeeiro foram realizadas com base na análise de solo, seguindo-se as recomendações propostas pela CFSEMG (1999).

Para avaliação dos atributos químicos do solo, coletaram-se amostras nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. Retiraram-se cinco amostras simples por camada de solo, em cada subparcela, realizando-se

caminhamento de amostragem na diagonal, tomando-se por referência para os pontos de coleta de solo as plantas de café, utilizando-se o trado holandês. Realizaram-se quatro coletas de solo, sendo a primeira realizada em abril de 2000, a segunda, em agosto de 2000, a terceira, em abril de 2001 e a quarta, em outubro de 2002. Após a terceira amostragem, e antes da quarta coleta de solo, os tratamentos estudados foram reaplicados, ou seja, foi realizada nova correção da acidez do solo com a incorporação ou não de corretivo, de acordo com as mesmas ações realizadas por ocasião da instalação do experimento. Além do calcário, foi aplicado também o gesso agrícola, sendo a calagem e gessagem realizadas tendo como base a análise de solo realizada por ocasião da terceira amostragem. A adubação das diferentes parcelas experimentais foi feita tendo como base a análise de solo e a exigência nutricional do cafeeiro, de acordo com a CFSEMG (1999).

O solo amostrado foi seco em estufa a 65°C e passado em peneira de 2 mm. Nessas amostras, foram avaliados o pH em água, os teores trocáveis de Ca, Mg e K e os teores disponíveis de P (Mehlich-1), S, NO₃⁻ e NH₄⁺ seguindo-se protocolos analíticos descritos em Embrapa (1997). A extração do enxofre foi realizada com solução de fosfato de cálcio (500 mg de P L⁻¹), sendo o S disponível quantificado por turbidimetria (VITTI, 1989). Com base nos dados da análise de fertilidade de rotina, foram calculados os valores de saturação por bases do solo (V%) nas diferentes unidades experimentais.

A produtividade do cafeeiro foi avaliada em duas safras, realizada nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003.

Com o objetivo de verificar o efeito dos atributos ligados à fertilidade do solo, dos diferentes tratamentos, sobre a nutrição do cafeeiro, foi realizada uma análise foliar após a quarta coleta de solo, ou seja, quando as plantas estavam com aproximadamente três anos. As amostras de folhas do cafeeiro foram coletadas no início da estação chuvosa (dezembro-janeiro), seguindo-se a metodologia descrita por Miyazawa et al. (1992). As amostras foram lavadas em água deionizada, secas em estufa a 60°C, até atingir peso constante, e moídas. Foram analisados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com os métodos descritos em Malavolta et al. (1989).

A análise estatística foi realizada com o auxílio do aplicativo computacional Sisvar (FERREIRA, 2000), sendo os dados submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F, no sentido de verificar a significância do efeito de cada tratamento, ao nível de 5%

de probabilidade. Em relação aos dados de solo, as variáveis analisadas foram avaliadas separadamente em cada profundidade de solo amostrada. Para as variáveis em que o teste F mostrou significância, foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para fins de comparação das médias de cada tratamento. Em razão de a análise de variância não ter revelado efeito significativo da interação dos métodos de manejo da calagem com os sistemas de plantio do cafeeiro sobre os atributos químicos do solo, os efeitos de cada fator estudado, e de seus níveis, foram discutidos separadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos métodos de manejo da calagem e de sistemas de plantio de cafeeiro sobre a acidez do solo, saturação por bases e nos teores trocáveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} nas diferentes épocas de amostragem do solo são apresentados na Tabela 2.

Entre os sistemas de plantio, não foram verificadas diferenças estatísticas nos valores de pH e Mg^{2+} em nenhuma das épocas de amostragem e profundidades estudadas, e para Ca^{+2} e valor de V%, em apenas uma profundidade na primeira amostragem, evidenciando a falta de interação entre esses parâmetros com o sistema de plantio do cafeeiro.

Variações nos valores de pH foram observadas quando se alterou o manejo da calagem. Pode-se observar que, já após quatro meses, o calcário aplicado na superfície ou incorporado havia proporcionado aumento do pH, principalmente na camada de até 10 cm de profundidade. O efeito da calagem praticamente não se manifestou nas camadas de 10 a 20 e de 20 a 40 cm, evidenciada pela diminuição do pH nessas camadas. Também foi observada pequena variação do pH com o tempo (até a terceira amostragem), como era esperado, de acordo com a calagem realizada, mostrando que o corretivo continuou apresentando reação no solo.

Na 1ª e 2ª amostragens, na profundidade de 0 a 10 cm, torna-se evidente a melhor neutralização da acidez nas subparcelas nas quais os corretivos foram incorporados, em relação às subparcelas nas quais o calcário foi aplicado em superfície ou não foi aplicado (CS e SC, respectivamente). Isso pode ser explicado, na medida em que no CI e CIG houve maior camada de solo mobilizada, proporcionando a mistura do calcário com o solo, o que acelerou a rápida dissolução do

corretivo. Na 3ª e 4ª amostragens, não foi observada diferença (0 a 10 cm de profundidade) de pH entre CI e CIG em relação ao CS, isto é, com, no mínimo, 16 meses, o corretivo aplicado em superfície reagiu até 10 cm, em virtude de sua elevada concentração em superfície, suprimindo a necessidade de incorporação no solo.

Oliveira e Pavan (1994) relataram redução da acidez, revelada pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, até 40 cm de profundidade, somente após trinta e dois meses da aplicação de calcário em superfície, em sistemas de cultivo sem revolvimento do solo. Esses resultados ajudam na explicação da ausência de alteração nos valores de pH, em todas as épocas de amostragem, na profundidade de 20 a 40 cm.

O manejo da calagem influenciou os teores de Ca^{2+} no solo. Nos tratamentos em que o calcário foi incorporado (0 a 20 cm), CI e CIG, os teores de Ca^{2+} foram maiores em relação aos tratamentos em que não houve aplicação de calcário (SC) e também em que tenha sido aplicado em superfície (CS). Esse efeito foi mais pronunciado nas profundidades de amostragem correspondentes a 0 a 10 e 10 a 20 cm. Esse fato pode ser explicado pelo maior contato do calcário com o solo nas subparcelas nas quais houve incorporação, acarretando hidrólise mais rápida do corretivo. Entretanto, segundo Pavan (1999), com o passar do tempo, o cálcio poderá ser transportado para maiores profundidades nas áreas onde é aplicado em superfície. A aplicação de gesso aumentou os teores de Ca^{+2} , na 1ª e 2ª amostragens, apenas na profundidade de 0 a 10 cm. Aumentos de Ca^{+2} em maiores profundidades, nas subparcelas onde o gesso foi aplicado (CIG), foram observadas a partir da 3ª amostragem (16 meses após a aplicação do tratamento) nas profundidades de 10 a 20 e 20 a 40 cm.

Para o Mg^{2+} , apenas foram observadas diferenças entre os sistemas de manejo da calagem nas quatro épocas de amostragem, na profundidade de 0 a 10 cm. Nessa profundidade, apenas onde houve aplicação de corretivo, o teor de Mg^{2+} esteve próximo ou acima do nível considerado bom ($0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) pela CFSEMG (1999). Na primeira camada, com exceção da 2ª amostragem, os teores de Mg^{2+} das subparcelas onde o calcário foi incorporado mostrou-se equivalente aos das subparcelas onde o calcário foi aplicado em superfície, mostrando a movimentação do magnésio, mesmo quando o calcário foi aplicado superficialmente.

TABELA 2 – Acidez de solo, saturação por bases e teores trocáveis de cálcio e magnésio em diferentes profundidades e épocas de amostragem, considerando os sistemas de plantio de cafeeiro e de manejo da calagem.

Trat	1ª Amostragem-Prof. (cm)			2ª Amostragem-Prof. (cm)			3ª Amostragem-Prof. (cm)			4ª Amostragem-Prof. (cm)		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
pH												
Sistema de Plantio												
Trad	5,9 a	5,3 a	5,1 a	5,8 a	5,3 a	5,1 a	5,7 a	5,1 a	5,1 a	6,1 a	5,4 a	5,3 a
Aden	5,9 a	5,4 a	5,3 a	5,6 a	5,3 a	5,2 a	5,8 a	5,2 a	5,1 a	6,2 a	5,6 a	5,4 a
Manejo da Calagem												
SC	5,3 c	5,1 b	5,1 a	5,1 c	5,2 a	5,2 a	5,0 b	5,0 a	5,0 a	5,2 b	5,2 b	5,2 a
CI	6,3 a	5,6 a	5,3 a	6,1 a	5,5 a	5,2 a	6,0 a	5,2 a	5,1 a	6,6 a	5,7 a	5,5 a
CS	5,9 b	5,3 ab	5,2 a	5,5 bc	5,3 a	5,1 a	6,2 a	5,2 a	5,2 a	6,6 a	5,6 ab	5,3 a
CIG	6,1 ab	5,4 ab	5,1 a	5,6 b	5,3 a	5,2 a	6,0 a	5,2 a	5,2 a	6,2 a	5,5 ab	5,4 a
Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	2,6 a	1,5 a	1,0 b	2,4 a	1,6 a	1,0 a	2,5 a	1,5 a	0,8 a	3,0 a	1,8 a	1,1 a
Aden	2,5 a	2,1 a	1,3 a	2,3 a	1,6 a	1,1 a	2,6 a	1,6 a	0,9 a	3,0 a	1,9 a	1,1 a
Manejo da Calagem												
SC	1,4 b	1,2 b	1,0 ab	1,7 b	1,5 a	1,2 a	1,2 b	1,3 a	0,8 a	1,5 b	1,2 b	0,9 a
CI	3,5 a	3,0 a	1,5 a	3,2 a	1,8 a	1,0 a	2,9 a	1,5 a	0,8 a	3,8 a	2,1 ab	1,1 a
CS	2,3 b	1,4 ab	0,9 b	1,9 b	1,3 a	0,9 a	3,1 a	1,4 a	0,9 a	3,4 a	1,9 ab	1,1 a
CIG	3,5 a	1,8 ab	0,9 b	3,0 a	1,8 a	1,0 a	3,4 a	2,1 a	1,0 a	4,0 a	2,4 a	1,3 a
Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	0,8 a	0,6 a	0,5 a	0,7 a	0,6 a	0,5 a	1,0 a	0,7 a	0,6 a	0,9 a	0,6 a	0,4 a
Aden	0,9 a	0,6 a	0,6 a	0,8 a	0,7 a	0,5 a	1,1 a	0,7 a	0,6 a	1,0 a	0,7 a	0,4 a
Manejo da Calagem												
SC	0,6 b	0,6 a	0,6 a	0,6 b	0,6 a	0,5 a	0,5 c	0,6 a	0,6 a	0,5 b	0,4 a	0,4 a
CI	1,1 a	0,7 a	0,6 a	1,0 a	0,6 a	0,5 a	1,1 ab	0,7 a	0,6 a	1,2 a	0,6 a	0,4 a
CS	0,9 ab	0,6 a	0,5 a	0,7 b	0,6 a	0,4 a	1,5 a	0,7 a	0,6 a	1,3 a	0,8 a	0,4 a
CIG	1,0 a	0,6 a	0,5 a	0,7 b	0,6 a	0,4 a	0,8 bc	0,6 a	0,6 a	0,8 ab	0,7 a	0,5 a
V (%)												
Sistema de Plantio												
Trad	29,9 b	32,2 a	26,1 a	43,4 a	30,6 a	26,5 a	46,4 a	32,5 a	28,7 a	59,4 a	41,5 a	32,6 a
Aden	44,0 a	31,2 a	29,1 a	44,8 a	32,4 a	29,8 a	49,9 a	34,8 a	30,7 a	58,9 a	42,5 a	32,6 a
Manejo da Calagem												
SC	28,0 c	26,7 a	24,5 a	31,2 c	28,0 a	27,8 a	25,3 b	28,5 a	28,5 a	32,8 b	30,0 b	28,1 a
CI	57,3 a	37,6 a	31,7 a	59,0 a	35,7 a	28,8 a	54,2 a	35,3 a	29,7 a	72,1 a	46 ab	35,2 a
CS	42,3 b	29,3 a	27,0 a	39,7 bc	29,5 a	26,5 a	60,8 a	34,0 a	30,5 a	67,8 a	46 ab	32,3 a
CIG	54,0 a	35,3 a	25,3 a	48,3 ab	33,3 a	29,0 a	54,7 a	38,7 a	29,7 a	68,8 a	49,9 a	36,8 a

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trad: sistema tradicional de plantio (2.857 plantas ha⁻¹); Aden: sistema adensado de plantio (10.000 plantas ha⁻¹); SC: sem calagem; CI: calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm; CS: calcário aplicado na superfície do solo; CIG: calcário incorporado (0 a 20 cm) + gesso.

As respostas obtidas para os valores de V%, em função dos diferentes manejos da calagem, seguiu a mesma tendência observada com o pH. Nas duas primeiras amostragens, os valores de V% foram superiores nos tratamentos nos quais houve a incorporação do calcário. Na 3ª e 4ª amostragens, na profundidade de 0 a 10 cm, não houve diferença estatística entre os métodos de aplicação do corretivo, independentemente da incorporação ou não do calcário. A reaplicação dos tratamentos, com incorporação do calcário (CI), proporcionou aumento nos valores de V%, passando de 54,2% na 3ª amostragem, para 72,1% na 4ª amostragem, na profundidade de 0 a 10 cm. Esse aumento nos valores de V% foi verificado em todos os tratamentos nos quais se aplicou calcário.

Na Tabela 3, encontram-se os teores de fósforo e sulfato disponíveis, potássio trocável e amônio e nitrato disponíveis nos diferentes tratamentos estudados. Nas três profundidades da 1ª amostragem, a disponibilidade P foi influenciada pelo sistema de plantio, ocorrendo maior disponibilidade do elemento nos tratamentos correspondentes ao sistema tradicional. O manejo da calagem também influenciou a disponibilidade de P, sendo notadas diferenças nas profundidades de 0 a 10 (1ª e 4ª amostragem) e 10 a 20 cm (1ª amostragem). A elevação do pH do solo aumentou a disponibilidade do P, especialmente no tratamento que recebeu gesso. Esse aumento na disponibilidade do P provavelmente está relacionado com a liberação do P retido nos colóides do solo pela elevação do pH, e pela competição entre o fósforo e o sulfato (do gesso), pelas cargas positivas do solo. A elevação do pH também propicia melhores condições para a mineralização da matéria orgânica do solo, contribuindo, assim, para o aumento do P disponível (NOVAIS e SMYTH, 1999).

O S foi, dos elementos avaliados, o mais influenciado pelo sistema de plantio, tendo a maior disponibilidade ocorrido no sistema de plantio tradicional, o que se explica pela presença do gesso (17% S) no tratamento TRADCIG. Entre os manejos da calagem, houve grande aumento dos teores de S em razão da aplicação de gesso (CIG), principalmente nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. Após a reaplicação dos tratamentos (4ª amostragem), os teores de S aumentaram de forma expressiva, até a profundidade de 40 cm. Nessa amostragem, do total de S determinado no solo, apenas 32,2% foram encontrados em maiores profundidades (10 a 40 cm). Para o Ca^{2+} (Tabela 2), observaram-se 52% na camada de 0 a 10 cm e 48% na camada de 10 a 40 cm – desses, 65% encontravam-se na camada de 10 a 20 cm. Com esses re-

sultados, verifica-se que o movimento de S foi mais rápido do que o do Ca^{2+} , corroborando os resultados de Camargo e Raij (1989) e Caires et al. (1998).

Os teores de K^+ trocável apenas diferiram significativamente entre os sistemas de plantio na 2ª amostragem, na profundidade 0 a 10 cm. Os resultados obtidos para teores de K^+ , entre os sistemas de manejo da calagem, devem ser atribuídos mais às condições originais do solo (Tabela 1), do que propriamente aos efeitos dos tratamentos. Exceções foram os resultados obtidos na 2ª e 4ª amostragens na profundidade de 0 a 10 cm. Nessas subparcelas, os teores de K^+ apresentaram-se acima dos valores originais do solo, mas provavelmente estão relacionados às adubações e à reaplicação de tratamentos.

A aplicação de gesso não afetou os teores de Mg^{2+} (Tabela 2) e K^+ no perfil do solo, não ocorrendo, com isso, o conhecido efeito de lixiviação desses cátions das camadas superficiais para as mais profundas. Tal fato pode estar associado ao aumento das cargas negativas dependentes de pH ocasionado pela calagem (QUAGGIO et al., 1992) e à alteração das cargas de cátions pela formação de ligantes orgânicos hidrossolúveis presentes em materiais orgânicos no solo (MIYAZAWA et al., 1996).

Os teores de NO_3^- e NH_4^+ não foram influenciados pelo sistema de plantio e manejo da calagem. Embora a calagem propicie uma melhor condição para a nitrificação, os maiores valores foram observados para o N-NH_4^+ . Silva et al. (1993) observaram que o valor de pH crítico para o processo da nitrificação em Latossolos da região sul de Minas Gerais situou-se em torno de 6,0, e que, abaixo desse valor, a taxa de nitrificação é sensivelmente reduzida, explicando, dessa maneira, os maiores teores de N-NH_4^+ em relação ao N-NO_3^- no presente estudo.

Os dados relativos aos teores foliares de macro e micronutrientes em cafeeiro são apresentados na Tabela 4. Houve interação significativa em sistema de plantio x manejo da calagem no teste de comparação de médias. Ressalta-se que, para os teores foliares de determinados nutrientes, o teste F indicou efeito significativo da interação entre os dois fatores, mas, em contrapartida, o teste de Tukey não detectou diferenças estatísticas na comparação de médias; por essa razão, optou-se por não discutir esses resultados. Esse efeito foi observado para o N, B, Cu, Fe, Mn e Zn, em folhas de cafeeiro submetido aos tratamentos avaliados. Em relação aos teores de P e de S, houve diminuição nas concentrações desses nutrientes em folhas nas parcelas do sistema tradicional, em relação aos teores medidos em áreas do sistema adensado.

TABELA 3 – Atributos de fertilidade do solo em diferentes profundidades e épocas de amostragem, considerando os sistemas de plantio e de manejo da calagem.

Trat	1ª Amostragem-Prof. (cm)			2ª Amostragem-Prof. (cm)			3ª Amostragem-Prof. (cm)			4ª Amostragem-Prof. (cm)		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
P – Mehlich-1 (mg dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	7,2 a	3,7 a	2,7 a	3,3 a	1,1 a	1,0 a	2,0 a	1,0 a	1,0 a	10,6 a	2,0 a	0,6 a
Aden	5,8 b	2,3 b	1,9 b	2,6 a	1,1 a	1,0 a	2,8 a	1,1 a	1,0 a	10,7 a	1,8 a	0,7 a
Manejo da Calagem												
SC	6,8 ab	3,3 ab	2,2 a	3,5 a	1,2 a	1,0 a	1,8 a	1,0 a	1,0 a	6,1 b	1,5 a	0,6 a
CI	6,8 ab	3,3 ab	1,8 a	2,8 a	1,0 a	1,0 a	2,3 a	1,0 a	1,0 a	13 ab	1,8 a	0,6 a
CS	5,4 b	2,3 b	3,0 a	2,3 a	1,2 a	1,0 a	2,7 a	1,2 a	1,0 a	7,7 b	1,8 a	0,7 a
CIG	8,0 a	4,0 a	2,3 a	3,7 a	1,0 a	1,0 a	2,7 a	1,2 a	1,0 a	20,8 a	3,2 a	0,9 a
S (mg dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	11,3 a	5,0 a	2,9 a	5,0 a	2,6 a	1,5 a	nr	nr	nr	28,1 a	32,1 a	28,4 a
Aden	3,6 b	3,1 b	2,7 a	1,7 b	1,2 b	1,5 a	nr	nr	nr	21,5 b	20,2 b	21,6 b
Manejo da Calagem												
SC	3,0 b	3,3 b	2,6 a	1,8 b	1,3 b	1,4 a	nr	nr	nr	18,8 b	18,7 b	20,9 b
CI	3,8 b	3,2 b	2,8 a	2,4 b	1,5 b	1,8 a	nr	nr	nr	21,7 b	23,5 b	26,0 b
CS	3,3 b	3,1 b	2,7 a	1,7 b	1,1 b	1,4 a	nr	nr	nr	23,4 b	22,6 b	20,4 b
CIG	24,3 a	10,4 a	3,4 a	13,9 a	6,1 a	1,1 a	nr	nr	nr	49,0 a	59,3 a	43,9 a
K⁺ (mg dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	73 a	76 a	51 a	92 b	81 a	55 a	82 a	58 b	40 b	124 a	61 a	35 a
Aden	88 a	93 a	65 a	122 a	92 a	72 a	87 a	84 a	64 a	117 a	64 a	43 a
Manejo da Calagem												
SC	82 a	87 a	58 a	106 a	86 a	66 a	86 a	77 a	55 a	116 a	59 a	37 a
CI	85 a	81 a	62 a	109 a	88 a	62 a	90 a	76 a	53 a	127 a	59 a	38 a
CS	80 a	84 a	55 a	105 a	90 a	64 a	71 a	65 a	48 a	127 a	77 a	46 a
CIG	64 a	79 a	47 a	91 a	81 a	51 a	95 a	48 a	38 a	106 a	47 a	30 a
NH₄⁺ (mg dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	nr*	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	61a	74a	73a
Aden	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	63a	64a	72a
Manejo da Calagem												
SC	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	63a	64a	72a
CI	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	50a	68a	74a
CS	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	69a	78a	71a
CIG	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	69a	69a	75a
NO₃⁻ (mg dm⁻³)												
Sistema de Plantio												
Trad	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	32a	37a	27a
Aden	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	30a	38a	29a
Manejo da Calagem												
SC	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	27a	34a	27a
CI	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	38a	40a	31a
CS	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	32a	35a	27a
CIG	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	38a	40a	27a

* nr: análise não realizada; Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Trad: sistema tradicional de plantio (2.857 plantas ha⁻¹); Aden: sistema adensado de plantio (10.000 plantas ha⁻¹); SC: sem calagem; CI: calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm; CS: calcário aplicado na superfície do solo; CIG: calcário incorporado (0 a 20 cm) + gesso.

TABELA 4 – Teores foliares de macro e micronutrientes em tecido foliar de cafeeiro sob efeito de sistemas de plantio de cafeeiro e métodos de manejo da calagem.

Sistema de Plantio	Sistema de Incorporação de Calcário			
	SC	CI	CS	CIG
-----N, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	34,6Aa	36,3Aa	32,0Aa	
Tradicional	35,4Aa	35,4Aa	34,4Aa	35,0A
-----P, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	1,3Ba	1,6Aa	1,5ABa	
Tradicional	1,4Aa	1,3Ab	1,3Ab	1,3A
-----K, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	16,1Aa	15,5Aa	16,4Aa	
Tradicional	17,5Aa	13,7Ba	16,6Aa	15,2A
-----Ca, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	14,7Aa	17,4Aa	16,0Aa	
Tradicional	13,6Aa	14,3Ab	14,0Aa	14,9A
-----Mg, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	2,5Ba	4,2Aa	3,6Aa	
Tradicional	2,7Ba	4,0Aa	3,3Aa	3,7A
-----S, g kg ⁻¹ -----				
Adensado	1,8Ba	2,5Aa	2,3Aa	
Tradicional	1,5Ba	1,9Ab	2,0Ab	2,1A
-----B, mg kg ⁻¹ -----				
Adensado	50Aa	51Aa	54Aa	
Tradicional	60Aa	44Aa	48Aa	48A
-----Cu, mg kg ⁻¹ -----				
Adensado	36Aa	33Aa	37Aa	
Tradicional	35Aa	37Aa	34Aa	35A
-----Fe, mg kg ⁻¹ -----				
Adensado	145Aa	151Aa	146Aa	
Tradicional	115Aa	125Aa	115Aa	139A
-----Mn, mg kg ⁻¹ -----				
Adensado	804Aa	506Aa	500Aa	
Tradicional	770Aa	493Aa	445Aa	509A
-----Zn, mg kg ⁻¹ -----				
Adensado	27Aa	27Aa	27Aa	
Tradicional	31Aa	25Aa	27Aa	32A

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, indicam diferenças estatisticamente significativas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Tradicional: 2.857 plantas ha⁻¹; Adensado: 10.000 plantas ha⁻¹; SC: sem calagem; CI: calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm; CS: calcário aplicado na superfície do solo; CIG: calcário incorporado (0 a 20 cm) + gesso.

Quanto aos teores de K, Ca e Mg nas folhas de café (Tabela 4), nota-se que somente o Ca, no tratamento CI, foi influenciado pelo sistema de plantio. Houve aumento dos teores foliares de Ca pelo adensamento do plantio e incorporação do calcário. Os teores de Mg não foram influenciados pelo sistema de plantio, sendo observadas diferenças apenas dentro dos sistemas de manejo da calagem, com os menores teores verificados no tratamento SC, ou seja, em relação às áreas onde a acidez do solo foi corrigida, os teores de Mg na área sem calagem foram significativamente menores.

A aplicação de calcário e gesso não causou redução na absorção dos micronutrientes analisados, uma vez que os teores obtidos pela análise foliar estão dentro da faixa considerada adequada para café no sul de Minas Gerais (MARTINEZ et al., 1999). Com relação ao efeito da aplicação de calcário e gesso nos teores de macronutrientes, valores abaixo da referência foram verificados para o Mg nas subparcelas nas quais não houve aplicação do calcário (SC).

Nas duas colheitas de café, observou-se aumento nos índices de produtividade com o acréscimo no número de plantas por hectare (Tabela 5). Os rendimentos médios de grãos em sacas de 60 kg de café beneficiado ha⁻¹, obtidos a partir de dados de duas colheitas (2001/2002 e 2002/2003) mostraram (independente do manejo da calagem) que o aumento da densidade de plantio de 2.857 para 10.000 plantas ha⁻¹ resultou em acréscimo de cerca de 21 sacas de café beneficiadas ha⁻¹, ocorrendo maior diferença entre os sistemas de plantio na segunda colheita.

Os resultados obtidos neste estudo concordam com os levantados por Corrêa et al. (1998), na medida em que esses autores verificaram que, nas parcelas com

maior número de plantas por área, houve aumento em produtividade 82% maior do que aquela obtida na área onde foi adotado o sistema convencional de plantio.

Na primeira colheita, no sistema adensado de plantio, quando realizou-se a calagem em superfície (CS), obtiveram-se as menores produtividades, com redução de 60% em relação às parcelas nas quais o calcário foi incorporado a 20 cm de profundidade. Esse mesmo efeito não foi observado na segunda colheita, ou seja, não foram detectadas diferenças significativas entre os métodos de aplicação do calcário na produtividade do cafeeiro. No sistema tradicional, as maiores produtividades foram obtidas nas parcelas com incorporação do calcário (CI) e incorporação do calcário + gesso (CIG) na primeira colheita e, nas parcelas CI, calagem superficial (CS) e CIG na segunda colheita, com redução na produtividade semelhante à descrita para o plantio adensado.

Porém, as maiores diferenças em produtividade foram verificadas entre os sistemas de manejo da calagem. Na primeira colheita, apenas no CS não houve diferença estatística significativa entre os sistemas de plantio. As diferenças de produtividade entre os sistemas de plantio foram de 72, 45 e 54% nos manejos SC, CI, CS, respectivamente, com as maiores produtividades observadas no sistema adensado de plantio. Na segunda colheita, essa diferença aumentou para 75, 59 e 55% entre os mesmos tratamentos. Nesse cultivo, em todos os manejos da calagem, obteve-se maior produtividade no sistema adensado. A redução na produção de café, ocorrida nas subparcelas do sistema tradicional de plantio nos quais não foi aplicado calcário (TRADSC), foi influenciada pela diminuição dos teores foliares de Mg, tendo em vista a correlação obtida entre essas variáveis ($y = 0,07x + 2,46$ $r = 0,83^*$).

TABELA 5 – Produtividade do cafeeiro (em sacas ha⁻¹) em duas épocas de colheita sob efeito de diferentes sistemas de plantio e de métodos de manejo da calagem.

Sistema Plantio	Manejo da calagem							
	1ª Colheita				2ª Colheita			
	SC	CI	CS	CIG	SC	CI	CS	CIG
TRAD	8,5 Bb	18,8 Ba	7,6 Ab	20,2 a	13,4 Bb	21,6 Bab	32,5 Ba	25,6 ab
ADEN	30,0 Aa	34,3 Aa	13,9 Ab		55,0 Aa	52,6 Aa	59,0 Aa	
CV (%)	19,6				17,7			

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas, na coluna, e minúsculas, na linha, indicam diferenças estatisticamente significativas pelo Teste de Tukey (p<0,05). Trad: sistema tradicional de plantio (2.857 plantas ha⁻¹); Aden: sistema adensado de plantio (10.000 plantas ha⁻¹); SC: sem calagem; CI: calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm; CS: calcário aplicado na superfície do solo; CIG: calcário incorporado (0 a 20 cm) + gesso.

O tratamento com gesso (CIG) apresentou produtividade estatisticamente igual aos melhores resultados observados para o manejo da calagem, nas duas colheitas avaliadas. De acordo com Souza e Lobato (2002), que estudaram o efeito da gessagem na produtividade do cafeeiro na região do cerrado, as respostas a essa prática surgem apenas a partir da quarta safra. Esse aumento em produtividade, segundo os autores, é atribuído à melhoria do perfil do solo com a aplicação de gesso agrícola.

Merece atenção, no presente trabalho, a baixa produção obtida nos dois anos de avaliação, no tratamento testemunha (SC) (Tabela 5), em solo com pH (em água) 5,2 e 27% de saturação por bases na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1). Também é importante destacar a uniformidade dos teores de Ca, Mg e K no perfil do solo, antes da instalação do experimento. Com esses resultados, verifica-se a dificuldade em se obter elevada produção de café em solos com acidez (pH) média e valor de V% baixo, mesmo os teores de cálcio, magnésio e potássio, estando em níveis próximos ao adequado no solo, segundo a CFSEMG (1999).

CONCLUSÕES

a) Os métodos de manejo da calagem mostraram-se eficientes para corrigir a acidez do solo até a profundidade de 10 cm; contudo, na área onde o corretivo foi aplicado em superfície, só foi notada maior movimentação do calcário na última amostragem de solo, com 34 meses após a 1ª calagem e 13 meses após a 2ª calagem;

b) O sistema de plantio de cafeeiro não exerceu influência sobre o pH, atributos de fertilidade do Latossolo e sobre o estado nutricional do cafeeiro;

c) O adensamento da lavoura resultou em um acréscimo médio de 14 e 33 sacas de café ha⁻¹, respectivamente, na 1ª e 2ª colheitas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 1998.
- CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. van. Movimento do gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 275-280, set./dez. 1989.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.
- CORRÊA, J. B.; MIGUEL, A. E.; VIANA, A. S.; TOLEDO, A. R.; FERREIRA, M. M. Propriedades químicas de um latossolo vermelho-escuro, após 16 anos de cultivo com café plantado no sistema tradicional e adensado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 57-64, jan./mar. 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- FERREIRA, D. F. Análises Estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.
- GUIMARÃES, P. T. G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 175-190.
- HUE, N. V.; GRADDOK, G. R.; ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 28-34, 1986.
- LIU, J.; HUE, N. V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, p. 264-270, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 143-168.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. de M. **Análise química de tecido vegetal**. Londrina: IAPAR, 1992. 17 p. (Circular, 74).

- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Abstracts...** Belo Horizonte: SBCS/EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 8.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: SBCS/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p. 178.
- OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Wallington, v. 38, p. 47-57, 1996.
- PAVAN, M. A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. (Eds.). **Plantio direto: atualização tecnológica**. São Paulo: Fundação Cargill/Fundação ABC, 1999. p. 45-52.
- PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. Alterações nas frações de fósforo no solo associadas com a densidade populacional de cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 251-256, 1996.
- PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; SIQUEIRA, R.; ANDROCIOLI FILHO, A.; COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L. High coffee population density to improve fertility of an oxisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 459-465, mar. 1999.
- QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 189-194, 1992.
- SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento inicial do feijoeiro: efeito da acidez do solo e da adição de fertilizantes nitrogenados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 33-34.
- SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370 p.
- SMITH, C. J.; GOH, K. M.; BOND, W. J.; FRENEY, J. R. Effects of organic and inorganic calcium compounds on soil-solution pH and aluminum concentration. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 46, p. 53-63, 1995.
- SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: _____. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. p. 81-96.
- VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: Funep, 1989. 37 p.