

Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon

Soil fertility characteristics as affected by close spacing of conilon coffee plants

André Guarçoni M.^{1*}

Resumo

O plantio adensado melhora a fertilidade do solo em lavouras de café arábica, cultura típica de regiões altas e de temperaturas amenas. O café conilon é cultivado em regiões baixas e quentes, o que pode modificar os efeitos do adensamento sobre a fertilidade do solo. Visando determinar a influência do adensamento de plantio do café conilon, com ou sem adubação, nas características da fertilidade do solo, foram coletadas amostras de solo (0-20 e 20-40 cm de profundidade) em quatro densidades de plantio (2.222; 3.333; 4.000 e 5.000 plantas/ha). Foram determinados os valores de pH, H+Al, CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) e os teores de matéria orgânica (MO), P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺. Os resultados analíticos foram comparados pelo teste t de Student e por análise de regressão. O adensamento de plantio do café conilon só modificou as características da fertilidade do solo quando as plantas foram adubadas anualmente com NPK. O adensamento de plantio aumentou substancialmente os teores de P e K e o valor de T, na camada superficial, e os teores de P e K e os valores de T, t e H+Al, na camada subsuperficial do solo.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, teores de nutrientes no solo, acidez, sustentabilidade

Abstract

In arabica coffee crops grown at high altitudes with lower temperatures, soil fertility can be improved by condensed spacing. However, at low lands with warmer temperatures in which conilon coffee is grown, the effect of close spacing on the soil characteristics may change. Aiming to determine the effect of coffee-trees close planting grown with or without NPK fertilization on the soil fertility characteristics, soil samples were collected (0-20 and 20-40 cm depth) within four different conilon crop spacings (2,222; 3,333; 4,000; and 5,000 plants/ha). It was determined pH, H+Al, effective CEC (t), pH 7.0 CEC (T), base saturation (v), aluminum saturation (m) values and organic matter (OM), P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ and Al³⁺ contents. The analytical results were compared by Student t test and regression analysis. Conilon coffee-trees with close planting only changed soil fertility characteristics when coffee plants received annual NPK fertilization. Close planting substantially increased P and K contents and the T value in the upper soil layer and P and K contents and T, t and H+Al values in the lower soil layer.

Key words: *Coffea canephora*, soil nutrient levels, acidity, sustainability

¹ D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, INCAPER, CRDR-Centro Serrano, Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil. E-mail: guarconi@incaper.es.gov.br

* Autor para correspondência

Introdução

A degradação da fertilidade do solo pode ser intensificada pela erosão, por acentuada mineralização da matéria orgânica e por elevada lixiviação de nutrientes. Esse fato é comum em lavouras de café plantadas em espaçamentos mais largos, ou seja, com baixa população de plantas por área. Nesse sentido, Pavan et al. (1999) sugerem que o adensamento de plantio do café pode ser considerado um sistema conservacionista, que protege o solo e reduz seu empobrecimento, constituindo, inclusive, um importante manejo para a recuperação de solos degradados.

O aumento da população de plantas por unidade de área, ou seja, o plantio adensado, pode elevar a produtividade de lavouras cafeeiras, chegando a proporcionar o dobro da produtividade em relação a lavouras menos adensadas, como relatado por Miguel et al. (1983) e Rena, Nacif e Guimarães (2003). Além disso, lavouras adensadas de café apresentam maior aproveitamento dos nutrientes aplicados, em razão do incremento no volume de raízes por área, o que eleva a taxa de recuperação de nutrientes do solo pelas plantas (PAVAN; CHAVES; ANDROCIOLI FILHO, 1994).

O adensamento de plantio em lavouras cafeeiras pode gerar, também, intensas alterações nas características químicas dos solos. A maior cobertura vegetal formada propicia elevada proteção superficial do solo com resíduos orgânicos, acarretando aumento no conteúdo de água (PAVAN et al., 1999) e completa modificação nos processos que envolvem diversas características químicas dos solos. É exatamente por modificar esses processos que o plantio adensado proporciona maior conservação da fertilidade do solo, podendo até aumentar os teores de nutrientes, em relação a plantios menos densos. Pavan et al. (1999), nesse sentido, observaram que o adensamento de plantio em lavouras de café arábica causou alterações nas principais características químicas do solo, aumentando o pH, a CTC, os teores de P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e carbono orgânico e diminuindo

o teor de Al³⁺.

Todas essas observações foram feitas em lavouras de café arábica (*Coffea arabica*), cultura plantada em regiões altas e de temperaturas amenas, o que por si só configura um fator de conservação da matéria orgânica e de muitas das características da fertilidade do solo. Por outro lado, em regiões baixas e quentes, onde é cultivado o café conilon (*Coffea canephora*), há tendência de maior degradação do solo, causada por elevada mineralização da matéria orgânica e por intensa lixiviação de nutrientes, caso haja precipitação suficiente ou irrigação contínua.

O cafeeiro conilon, atualmente, tem sido cultivado com maior densidade de plantas por área, em relação aos espaçamentos tradicionais, que eram da ordem de 4,0 a 5,0 m entre linhas e 3,0 a 4,0 m entre plantas. Ainda assim, a recomendação atual gira em torno de 3,0 m entre linhas e 1,0 a 1,5 m entre plantas, com populações de 2.222 a 3.333 plantas por hectare (FONSECA et al., 2007). Comparativamente, essas são, ainda, bem menores do que as populações preconizadas para o café arábica. Apesar disso, o trabalho de Lani et al. (2000) mostrou que o adensamento de lavouras de café conilon foi capaz de gerar um incremento significativo na produtividade, como observado por Miguel et al. (1983) e Rena, Nacif e Guimarães (2003) para o café arábica.

Resta saber se o efeito do adensamento de plantio nas características da fertilidade do solo é o mesmo entre as duas espécies, uma vez que, além das diferenças no clima, o desenvolvimento vegetativo é distinto entre ambas, sendo que o café conilon, segundo Ferrão et al. (2004), necessita, dependendo do manejo, de podas anuais para manter produtividades elevadas e estáveis.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de quatro densidades de plantio do café conilon, com ou sem adubação, sobre características da fertilidade do solo, avaliadas em duas profundidades de coleta, na região noroeste do estado do Espírito Santo.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em área experimental de café conilon, em lavoura de sete anos, variedade “EMCAPA 8111” (Bragança et al., 2001), não irrigada, com controle fitossanitário e manejo da

poda realizados segundo Ferrão et. al. (2004), na Fazenda Experimental de Marilândia, região noroeste do estado do Espírito Santo, pertencente ao Incaper, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Tabela 1).

Tabela 1. Características do solo^{1/} da área experimental antes do plantio do café conilon.

Profundidade	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m	Argila
		dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- % -----						
0 a 20 cm	4,7	0,9	2,0	32	0,5	0,5	1,5	5,6	2,6	6,7	16,2	58,1	55
20 a 40 cm	4,5	1,0	4,0	37	0,5	0,4	1,6	4,0	2,6	5,0	19,9	61,7	69

^{1/} Características determinadas segundo Embrapa (1997).

Utilizando-se delineamento de amostragem definido por Alvarez V. e Guarçoni M. (2003), ou seja, considerando que a análise da amostra composta apresenta o mesmo valor da média das análises das amostras simples, caracterizando corretamente a unidade de amostragem, foram coletadas aleatoriamente, logo após a colheita, 20 amostras de solo, com trado de 5,4 cm de diâmetro, sob a copa de plantas de café conilon, em cada uma das 16 situações de coleta: duas profundidades de amostragem (0 a 20 e 20 a 40 cm) x quatro espaçamentos de plantio [3,0 x 1,5 m (2.222 plantas/ha); 3,0 x 1,0 m (3.333 plantas/ha); 2,5 x 1,0 m (4.000 plantas/ha) e 2,0 x 1,0 m (5.000 plantas/ha)] x duas categorias de adubação (sem adubação; que constava apenas de adubação de plantio: 20 g/cova de N e K₂O, 30 g/cova de P₂O₅ e 20 g/cova de FTE BR 12 e adubada anualmente com 450, 150 e 450 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, mais a adubação de plantio). A calagem foi realizada em todas as parcelas apenas por ocasião do plantio, sendo calculada por meio do método da saturação por bases, de forma a elevá-la para 70%.

As amostras coletadas em cada situação foram homogeneizadas, secas a sombra e peneiradas (2 mm). Foram determinados os valores de pH, H+Al, CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) e os teores de matéria

orgânica (MO), P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, segundo Embrapa (1997).

As médias das variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste t de Student ($p \leq 10$). Foi realizada análise de regressão para determinar o efeito das densidades de plantio (variáveis quantitativas) sobre as características da fertilidade do solo avaliadas, definindo os modelos com base no comportamento esperado, na significância dos coeficientes ($p \leq 0,10$) e no valor do R², segundo Alvarez V. e Alvarez (2003).

Resultados e Discussão

A calagem realizada no plantio foi capaz de manter, no solo não adubado, níveis adequados de pH até sete anos após o mesmo, sendo seu efeito restrito à camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabelas 2 e 3), como observado por Schoninger et al. (2010) ao fazer a calagem na cultura da soja. A adubação anual com 450, 150 e 450 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, por outro lado, causou acidificação na camada superficial do solo, reduzindo o pH e aumentando os teores de Al³⁺ e os valores de H+Al e saturação por alumínio (m), em relação ao solo não adubado (Tabelas 2, 3 e 4).

Os resultados demonstram que mesmo a uréia (Tabelas 2, 3 e 4) pode causar acidificação do solo, devido à reação de nitrificação, como relatado por

Costa et al. (2008). A passagem de uréia a amônio (LONGO; MELO, 2005), e, posteriormente, de amônio a nitrato (ROSOLEM; FOLONI; OLIVEIRA, 2003), é rápida em solo com pH corrigido. Nesse caso, segundo Cantarella (2007), cada molécula de amônio (NH_4^+) formada a partir da uréia é capaz de gerar duas

moléculas de H^+ , na reação de nitrificação. Devido a essas reações complementares, Moraes et al. (1976) observaram que o pH original de um solo cultivado com café, na camada de 0 a 8 cm de profundidade, foi reduzido de 6,2 para 4,3; com aplicação anual, por 12 anos, de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia.

Tabela 2. Características da fertilidade do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, após sete anos de cultivo de café conilon em quatro densidades de plantio, sem e com adubação.

Plantas/ha	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m
		dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			--- % ---					
Sem Adubação^{1/}												
2222	5,7	1,42	2,3	34	2,00	1,1	0,00	3,2	3,19	6,4	49,9	0,0
3333	5,7	1,57	4,1	66	2,70	1,2	0,00	2,9	4,07	7,0	58,4	0,0
4000	6,2	1,79	2,2	37	3,30	2,0	0,00	1,7	5,39	7,1	76,0	0,0
5000	5,4	1,25	2,0	46	2,10	1,0	0,30	3,2	3,52	6,4	50,1	8,5
Ȳ	5,8	1,51	2,7	46	2,50	1,3	0,08	2,8	4,04	6,7	58,6	2,1
Com Adubação^{2/}												
2222	4,9	1,29	49,6	121	1,75	0,33	0,5	5,1	2,89	7,5	31,9	17,3
3333	4,8	1,46	100,9	187	2,00	0,37	0,6	7,1	3,45	9,9	28,6	17,4
4000	5,1	1,80	121,5	154	3,19	0,52	0,3	5,6	4,40	9,7	42,3	6,8
5000	4,8	1,42	206,0	350	1,82	0,34	0,7	7,1	3,76	10,2	30,1	18,6
Ȳ	4,9	1,49	119,5	203	2,19	0,39	0,5	6,2	3,62	9,3	33,2	15,0

^{1/} Recebeu apenas calcário e adubação de plantio com 20 g/cova de N e K₂O, 30 g/cova de P₂O₅ e 20 g/cova de FTE BR 12 ; ^{2/} Recebeu calcário, adubação de plantio e anualmente 450, 150 e 450 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 3. Características da fertilidade do solo na camada de 20 a 40 cm de profundidade, após sete anos de cultivo de café conilon em quatro densidades de plantio, sem e com adubação.

Plantas/ha	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m
		dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			--- % ---					
Sem Adubação^{1/}												
2222	4,4	0,56	0,9	14	0,3	0,2	1,7	5,1	2,24	5,6	9,5	76,0
3333	4,5	0,39	3,6	16	0,6	0,3	1,3	4,0	2,24	4,9	19,0	58,0
4000	4,9	0,70	1,4	24	0,9	0,6	0,8	3,6	2,36	5,2	30,3	33,9
5000	4,4	0,59	1,2	19	0,4	0,2	1,6	4,5	2,25	5,2	12,6	71,2
Ȳ	4,6	0,56	1,8	18	0,6	0,3	1,4	4,3	2,27	5,2	17,9	59,8
Com Adubação^{2/}												
2222	4,1	0,83	5,1	79	0,47	0,06	1,5	5,6	2,23	6,3	11,6	67,2
3333	4,5	0,80	25,6	163	0,94	0,08	1,2	6,3	2,64	7,7	18,6	45,5
4000	4,6	0,79	19,0	132	1,61	0,21	0,9	6,3	3,06	8,5	25,5	29,4
5000	4,4	0,83	53,4	275	0,91	0,08	1,3	7,1	2,99	8,8	19,3	43,4
Ȳ	4,4	0,81	25,8	162	0,98	0,11	1,2	6,3	2,73	7,8	18,8	46,4

^{1/} Recebeu apenas calcário e adubação de plantio com 20 g/cova de N e K₂O, 30 g/cova de P₂O₅ e 20 g/cova de FTE BR 12 ; ^{2/} Recebeu calcário, adubação de plantio e anualmente 450, 150 e 450 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 4. Valores de t calculado para as comparações das médias^{1/} de características químicas da fertilidade do solo, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, em parcelas não adubadas (NA) e adubadas (A) com NPK.

Comparações ^{2/}	Característica					
	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	----- t -----					
NA vs A d/0 a 20 cm	8,17**	0,22 ^{ns}	-3,57*	-3,17*	2,63 ^o	5,05*
NA vs A d/20 a 40 cm	1,73 ^{ns}	-3,85*	-2,37 ^o	-3,52*	-3,74*	3,54*
	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m
	----- t -----					
NA vs A d/0 a 20 cm	-6,97**	-6,56**	1,60 ^{ns}	-4,63*	6,67**	-4,86*
NA vs A d/20 a 40 cm	1,46 ^{ns}	-3,93*	-2,64 ^o	-3,97*	-0,38 ^{ns}	2,64 ^o

^{1/}Médias de quatro densidades de plantio (2.222, 3.333, 4.000 e 5.000 plantas/ha); ^{2/} Teores e valores determinados em parcelas não adubadas (NA) comparados com os determinados em parcelas adubadas (A), nas camadas de 0-20 (d/0 a 20 cm) e 20-40 cm de profundidade (d/20 a 40 cm); **, *, ^o e ^{ns} significativo aos níveis de 1, 5, 10 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

A adubação anual com NPK aumentou substancialmente os teores de P e K, em relação ao solo não adubado, como seria de se esperar, mas reduziu os teores de Ca²⁺, de Mg²⁺ e os valores de V na camada superficial, e de Mg²⁺ na camada subsuperficial (Tabelas 2, 3 e 4). No caso do Ca²⁺, essa redução se deve à absorção pelas plantas e à lixiviação para camadas mais profundas (Tabelas 3 e 4), causada por um maior percentual de K ligado à CTC, o que deslocou o Ca²⁺ para a solução do solo, favorecendo sua lixiviação. O Ca²⁺ apresenta maior densidade de carga do que o K⁺, tendo maior preferencialidade de troca no solo. Entretanto, segundo Novais e Mello (2007), quanto maior a concentração do cátion na solução do solo, maior sua preferencialidade de troca, como ocorreu, neste caso, com o K.

Para o Mg²⁺, a redução de teores nas camadas superficial e subsuperficial do solo parece estar ligada apenas à absorção pelas plantas, uma vez que não ocorreu lixiviação para camadas mais profundas (Tabelas 2, 3 e 4). Com a redução nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ na camada superficial, há, conseqüentemente, redução no valor da saturação por bases (V), uma vez que Ca²⁺ e Mg²⁺ influenciam sobremaneira o valor de

V, em relação a K⁺ e Na⁺.

A adubação anual também elevou os valores da CTC pH 7,0 (T) nas camadas superficial e subsuperficial, em relação ao solo não adubado, com pequena migração da matéria orgânica para a camada subsuperficial (Tabelas 2, 3 e 4).

Dessa forma, quando a adubação com NPK é realizada anualmente, deve-se monitorar a acidez do solo e os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ periodicamente, para que o pH seja corrigido, a necessidade de Ca e Mg das plantas seja atendida e o provável efeito de teores tóxicos de alumínio seja atenuado.

O adensamento de plantio do café conilon, sem adubação, não causou efeito sobre as características da fertilidade do solo estudadas, com exceção do valor de T na camada superficial, e mesmo o acréscimo consistente no teor de MO (que seria esperado) não foi observado (Tabelas 5 e 6). Ainda assim, poder-se-ia esperar algum acréscimo nos teores de nutrientes, especialmente na camada superficial do solo, devido à ciclagem de nutrientes de camadas mais profundas do solo para a superfície, como observado por Maia et al. (2006) num sistema silvipastoril, o que não foi confirmado pelo presente estudo.

Tabela 5. Equações de regressão de características químicas da fertilidade do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, após sete anos de cultivo de café conilon, em função de densidades de plantio (D), sem e com adubação.

Característica	Equação ^{1/}	Condicional ^{2/}	R ²
Sem Adubação			
T	$\hat{Y}=2,40 + 0,0026 D - 3,57 \times 10^{-7} * D^2$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,99
Com Adubação			
P	$\hat{Y}=79,31 + 0,0546 **D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,96
K	$\hat{Y}= -67,37 + 0,0743^{\circ} D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,73
T	$\hat{Y}= 6,00 + 0,0009^{\circ} D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,75

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y}=\bar{Y}$; ^{2/} \forall = condicional, qualquer que seja o valor entre...; **, * e ° Significativo aos níveis de 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6. Equações de regressão de características químicas da fertilidade do solo na camada de 20 a 40 cm de profundidade, após sete anos de cultivo de café conilon, em função de densidades de plantio (D), sem e com adubação.

Característica	Equação ^{1/}	Condicional ^{2/}	R ²
Com Adubação			
pH	$\hat{Y} = 2,05 + 0,0013 D - 1,62 \times 10^{-7} * D^2$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,99
P	$\hat{Y} = -31,78 + 0,0158 * D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,82
K	$\hat{Y} = -69,63 + 0,0637 * D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,81
H+Al	$\hat{Y} = 4,58 + 0,0005 ** D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,94
t	$\hat{Y} = 1,65 + 0,0003 * D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,82
T	$\hat{Y} = 4,47 + 0,0009 * D$	$\forall 2.222 \leq D \leq 5.000$	0,93

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y}=\bar{Y}$; ^{2/} \forall = condicional, qualquer que seja o valor entre...; **, * e ° Significativo aos níveis de 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

Os resultados demonstram que o adensamento de plantio do café conilon, isoladamente, não é suficiente para regenerar solos degradados, necessitando de elevados acréscimos externos de nutrientes na forma de adubação.

O adensamento de plantio com adubação anual de NPK, por outro lado, proporcionou acréscimos lineares nos teores de P e K e no valor de T, na camada superficial do solo (Tabelas 2 e 5). O teor de P aumentou 315% e o de K 189%, quando se passou de uma densidade de 2.222 plantas/ha para 5.000 plantas/ha (Tabela 2). Pavan et al. (1999) e Santos (1999) também relatam incrementos nos teores de

P e K e no valor de T, em razão do aumento da densidade de plantas em café arábica.

O acréscimo no teor de P pode ser explicado pela formação de complexos organo-metálicos estáveis com os íons Fe e Al, em várias faixas de pH, que pode impedir a reação do fosfato com esses elementos, diminuindo sua precipitação (BRADLEY; SIELING, 1953). Além disso, o solo pode adsorver compostos orgânicos com grande energia, e esses competem com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção, diminuindo, conseqüentemente, a capacidade de adsorção de fósforo pelo solo (BHATTI; COMERFORD; JOHNSTON, 1998).

Nesse sentido, Guarçoni M. e Mendonça (2003) observaram efeito linear na disponibilidade do P adicionado ao aplicarem doses crescentes de composto orgânico no solo, evidenciando o efeito da matéria orgânica em reduzir a adsorção/precipitação de P. Essa é a explicação utilizada por Pavan e Chaves (1996), que observaram melhores condições de disponibilidade de P para as plantas em sistema de café adensado, quando comparado a plantios menos densos. Além desses fatores, Novais e Smith (1999) relatam que a elevação do pH do solo pode também contribuir para uma menor adsorção/precipitação de P, devido a uma menor atração inicial para o plano de adsorção.

No presente estudo, entretanto, não foi observado, na camada superficial do solo, aumento consistente no teor de matéria orgânica (MO), nem nos valores de pH (Tabelas 2 e 5), discordando dos resultados de Pavan et al. (1999), que observaram incremento nessas características com o adensamento de plantio do café arábica. Embora não tenha sido possível selecionar um modelo matemático que explicasse o comportamento dos teores de MO, em função do adensamento de plantio, é inegável o aumento do teor de MO na camada superficial do solo adubado até a densidade de 4.000 plantas/ha (Tabela 2), o que explica a elevação do teor de P no solo até essa densidade. A redução no teor de MO, na densidade de 5000 plantas/ha (Tabela 2), pode ser reflexo de uma maior mineralização, o que teria contribuído para o maior teor de P nessa situação, em relação à densidade de 4.000 plantas/ha (Tabelas 2 e 5), configurando o efeito linear para o P.

O incremento linear no teor de K, na camada superficial do solo adubado, decorrente do adensamento de plantio, pode ser explicado pelo aumento também linear de T (Tabela 5), o que possivelmente reduziu as perdas de K por lixiviação, e pela mineralização da matéria orgânica, rica em K, acumulada na superfície, conforme sugestão de Pavan et al. (1999).

Carvalho et al. (2007) relatam que o adensamento

de plantio do cafeeiro pode reduzir a erosão hídrica, devido ao menor impacto das gotas de chuva com a superfície do solo e à menor energia da enxurrada. Portanto, quanto maior o adensamento de plantio, menor a erosão, implicando em menor perda de solo e nutrientes, o que pode ter contribuído para o acréscimo nos teores de P e K, quando aplicados em quantidades elevadas.

Em termos práticos, para plantios mais adensados de café conilon, a análise de solo é imprescindível, uma vez que, nesse caso, a disponibilidade de P e K é muito maior do que em plantios menos adensados, sugerindo possível redução nas quantidades de fertilizantes a serem aplicadas, para uma mesma produtividade.

Na camada subsuperficial do solo, o adensamento de plantio causou modificações sobre maior número de características avaliadas, com efeito quadrático sobre pH e linear positivo sobre P, K, H+Al, t e T (Tabelas 6). Novamente, P e K foram as características da fertilidade do solo mais afetadas pelo adensamento, sendo os acréscimos nos teores ainda maiores que na camada superficial: 947 % e 248 % de acréscimo para P e K, respectivamente, quando se passou de uma densidade de 2.222 plantas/ha para 5.000 plantas/ha (Tabela 3).

O aumento nos teores de P e K na camada subsuperficial do solo não guarda, aparentemente, ligação com os valores de pH e de MO, uma vez que o pH foi afetado de forma quadrática e para a MO não foi possível selecionar um modelo (Tabela 6). Entretanto, pelo menos para o K, esse incremento pode ser explicado por uma maior retenção na CTC do solo, visto que tanto o valor de t como o de T também aumentaram em função do maior adensamento de plantas (Tabela 6).

O incremento nos teores de P e K em profundidade é um importante efeito do adensamento de plantio em lavouras de café conilon, uma vez que pode proporcionar um maior volume de solo fértil passível de exploração pelas raízes, especialmente em períodos de veranico, onde o transporte de

nutrientes na camada superficial tende a ser prejudicado.

Conclusões

A adubação anual com NPK aumentou os teores de P e K no solo e o valor T, mas gerou acidez e reduziu os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e o valor da saturação por bases (V).

O adensamento de plantio do café conilon só modificou as características da fertilidade do solo quando as plantas foram adubadas anualmente com NPK, sendo que houve aumento substancial dos teores de P e K e do valor de T, na camada superficial, e dos teores de P e K e dos valores de T, t e H+Al, na camada subsuperficial do solo.

O plantio adensado do café conilon pode se constituir em um importante manejo para a recuperação de solos degradados, desde que seja fornecido elevado acréscimo externo de nutrientes na forma de adubação.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; GUARÇONI M., A. Variabilidade horizontal da fertilidade do solo de uma unidade de amostragem em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 297-310, 2003.
- ALVAREZ V., V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 28-32, 2003.
- BHATTI, J. S.; COMERFORD, N. B.; JOHNSTON, C. T. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a spodic horizon. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 62, n. 1, p. 1089-1095, 1998.
- BRADLEY, D. B.; SIELING, D. H. Effect of organic anions and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. *Soil Science*, Baltimore, v. 76, n. 3, p. 175-180, 1953.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. EMCAPA 8111, EMCAPA 8121, EMCAPA 8131: variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária*

Brasileira, Brasília, v. 36, n. 5, p. 765-770, maio 2001.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, R.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; SOUZA, F. S. Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1679-1687, 2007.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1591-1599, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p. (EMBRAPA, CNPS. Documentos, 1).

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. *Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas*. 2. ed. Vitória: Incaper, 2004. 60 p.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; LANI, J. A.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIM FILHO, A. C.; ROCHI, C. P.; GUARÇONI M., A. Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de (Ed.). *Café conilon*. Vitória: Incaper, 2007. p. 259-277.

GUARÇONI M., A.; MENDONÇA, E. S. Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de P pela adição de composto orgânico. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 141-145, 2003.

LANI, J. A.; SILVEIRA, J. S. M.; BRAGANÇA, S. M.; COSTA, A. N.; SANTOS, W. R. Plantios adensados de café conilon com e sem condução de copa no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 20., 2000, Poços de Caldas, MG. *Resumos expandidos...* Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 1038-1040.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. Hidrólise da uréia em latossolos: efeito da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 651-657, 2005.

- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.
- MIGUEL, A. E.; GARCIA, A. W. R.; CORREA, J. B.; FIORAVANTE, N. Efeito de três níveis de adubação N e K em cafeeiros Mundo Novo, Catuaí e Catimor, plantados em duas densidades de plantio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais...* Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1983. p. 289-291.
- MORAES, F. R. P.; LAZZARINI, W.; TOLEDO, S. V.; CERVELLINI, G. S.; FUJIWARA, M. Fontes e doses de nitrogênio na adubação química do cafeeiro. I. Latossolo roxo transição para Latossolo Vermelho-Amarelo, Orto. *Bragantia*, Campinas, v. 35, n. 6, p. 63-77, 1976.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 133-204.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV-DPS, 1999. 399 p.
- PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. Alterações nas frações de fósforo no solo associadas à densidade populacional de cafeeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 3, p. 251-256, 1996.
- PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; ANDROCIOLI FILHO, A. *Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário*. Turrialba, San José, v. 44, n. 4, p. 227-231, 1994.
- 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, 1999.
- RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Fenologia, produtividade e análise econômica do cafeeiro em cultivos com diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Produção integrada de café*. Viçosa: UFV, 2003. p. 133-196.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e da adubação nitrogenada, com palha na superfície. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 301-309, 2003.
- SANTOS, E. H. Comparação entre análise química do solo de café adensado e do café normal: orientação aos agricultores sobre a melhor forma de se obter maior produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca, SP. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p. 110-111.
- SCHONINGER, E. L.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; LEMKE, A. F.; MONTEIRO, S.; SILVA, J. A. N. Atributos químicos do solo e produtividade da cultura de soja em área de semeadura direta após calagem superficial. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, p. 1253-1262, 2010. Suplemento 1.

