

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA DE MONOCULTIVO DE CAFEIEIRO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN AREA OF MONOCULTURE OF COFFEE IN THE ZONE OF THE BUSH OF MINAS GERAIS

Luís Alfredo Pinheiro Leal NUNES¹; Luiz Eduardo DIAS²; Ivo JUCKSCH²; Nairam Félix de BARROS²

1. Professor Adjunto, Doutor, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, PI, Brasil. lanunes@ufpi.br; 2. Professor, Doutor, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: Algumas práticas de manejo impostas ao solo promovem alterações em alguns atributos relacionados a propriedades e processos físicos do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do cultivo do cafeeiro em relação à mata secundária por meio de alterações nos indicadores físicos do solo. Foram selecionadas quatro áreas: a) cultivo do cafeeiro (CV. Mundo Novo) durante 22 anos (C22); b) cultivo do cafeeiro (CV. Catuaí) durante 16 anos (C16) que sofreu recepa; c) mata secundária com 30 anos (M30) e d) mata secundária com 40 anos (M40). As amostras de solos foram coletadas nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm. O sistema de cultivo com café em que se mantêm as entrelinhas livres de resíduos orgânicos reduz a estabilidade de agregados contribuindo para a diminuição da porosidade e densidade do solo. Correlações significativas e positivas foram obtidas entre carbono orgânico total e os índices de estabilidade estudados. O sistema C22 mostrou indícios de erosão evidenciados pela diminuição da porcentagem de argila na camada superficial. A recepa realizada no sistema C16 promoveu melhorias nas propriedades físicas do solo.

PALAVRAS-CHAVES: Agregação. Eluviação de argila. Recepa.

INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil, com mais de 50 % da produção total, sendo a zona da mata mineira, um dos pólos de produção cafeeira no Estado, com lavouras altamente tecnificadas. Para Teodoro et al., 2003, a região apresenta condições ideais de altitude, topografia e clima à cafeicultura. No entanto, a expansão da cultura na região, foi realizada com a fragmentação da densa cobertura florestal, onde o café era cultivado nas encostas, após a derrubada da floresta e queima para a limpeza do terreno.

A retirada da mata natural para o plantio de qualquer cultura promove inúmeras modificações no solo, sobretudo no conteúdo de matéria orgânica com reflexos sobre alguns atributos do solo responsáveis pelo o crescimento de raízes, infiltração e movimento de água no perfil do solo, trocas gasosas, atividade biológica e mineralização de carbono, que são, em parte, relacionados a propriedades e processos físicos do solo (BURGER; KELTING, 1999). Nesse contexto, alguns indicadores físicos como a permeabilidade à água e ao ar, água disponível, a densidade do solo, e a erodibilidade sofrem alterações em função da exclusão da matéria orgânica do solo (SHOENHOLTZ et al., 2000), podendo acarretar

uma degradação da estrutura do solo, diminuindo seu potencial produtivo.

Em solos cultivados sem a presença de cobertura morta, os agregados são expostos frequentemente, sofrendo fragmentação, principalmente nos macroagregados ($> 0,25$ mm), resultando em aumento na proporção relativa de microagregados ($< 0,25$ mm), em função de práticas de manejo que promovam tanto a redução de matéria orgânica (SIX et al., 2000, CRUZ et al., 2003), quanto pelo rápido umedecimento, impacto de gotas de chuva e pelo cisalhamento por implementos agrícolas (PALADINI; MIELNICZUK, 1991), além de ser influenciada por mudanças de clima e atividade biológica (OADES, 1984).

A remoção da cobertura morta e aceleração da decomposição da matéria orgânica pela cultura do café contribuem para desestabilização dos agregados do solo afetando negativamente outras características físicas, como a densidade do solo, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e infiltração de água das chuvas, trocas gasosas entre outras, que são fundamentais à capacidade produtiva (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000). Assim, estudos que visem à identificação, quantificação e minimização dos efeitos causados pelo manejo da cultura sobre o solo são importantes para adaptar, de forma condizente, o manejo, tendo em vista o

desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável (MIRANDA et al., 2003).

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o efeito do monocultivo do cafeeiro sobre a qualidade de um solo, por meio de alterações em suas propriedades físicas em relação à mata secundária.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa área de meia-encosta em uma propriedade agrícola situada no

município de Viçosa-MG, que se localiza a 20° 42'57'' latitude sul e 42°52'02'' longitude leste. A altitude da área de estudo varia de 720 a 732m e a região apresenta clima tropical com verões frescos e chuvosos, e invernos secos. A precipitação média da região está em torno de 1300 mm anuais, sendo que o período chuvoso vai de outubro a março e temperatura média anual varia entre 17 e 22°C (Figura 1). A área estudada encontra-se representada por um Latossolo Vermelho Amarelo, com horizonte A moderado, de baixa fertilidade e bastante permeável (REZENDE et al., 1972).

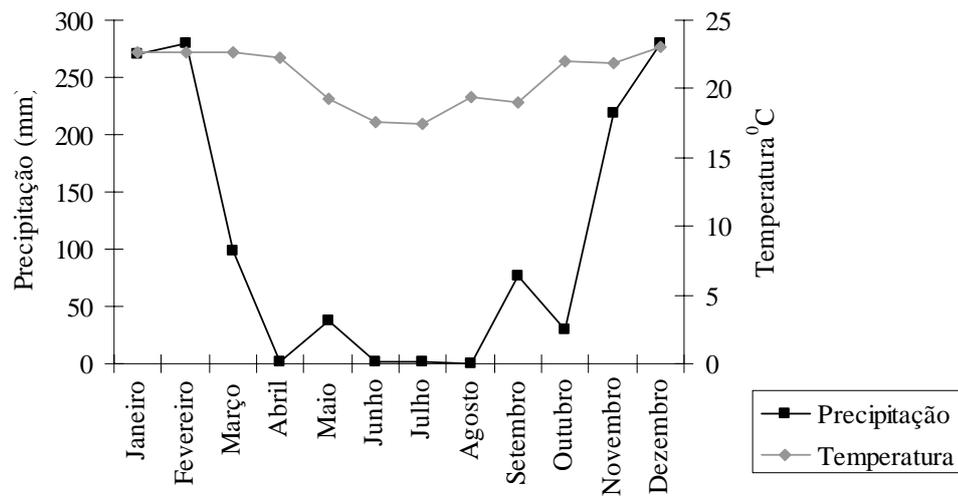


Figura 1. Precipitação mensal e temperatura mensal média do ano de 2002 de Viçosa-MG

Os sistemas de uso do solo estudados foram: 1) cultivo do cafeeiro (Mundo Novo) durante 22 anos, após uso com pastagem (C22); 2) cultivo do cafeeiro (Catuaí) durante 16 anos (C16) após mata secundária, que recebeu poda de renovação (recepta) três meses antes do início da pesquisa sendo os resíduos orgânicos deixados nas entrelinhas do cafeeiro; 3) Floresta Estacional Semidecidual secundária durante 30 anos que ocasionalmente, sofre exploração de madeira por vizinhos, (M30) e 4) Floresta Estacional Semidecidual secundária que se encontra totalmente intacta durante 40 anos (M40).

O plantio do cafeeiro se deu em covas, no espaçamento de 2 x 1m e, anualmente o solo recebe adubação com 500 a 800 g planta⁻¹ de NPK (20-5-20) e aplicação de calcário a lanço na dose de 3 t ha⁻¹ a cada três anos. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de aplicação de herbicidas de contato, mantendo-se as entrelinhas constantemente livres de vegetação.

Sob cada cobertura vegetal foram coletadas quatro amostras compostas. A amostragem foi feita de forma aleatória retirando-se vinte amostras

simples em cada sistema de manejo para formar uma amostra composta nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Para as análises de microporosidade foram retiradas amostras em anel volumétrico e para a densidade do solo, foram coletados torrões. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UFV, em Viçosa-MG.

As determinações físicas realizadas nas amostras de solo foram: densidade do solo (Ds) pelo método do torrão parafinado; densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico e textura pelo método da pipeta, equivalente de umidade (EU) pelo método da centrifuga segundo Ruiz (2003); argila dispersa em água (ADA) conforme Jucksch (1987). A estabilidade de agregados foi mensurada por via úmida, seguindo metodologia proposta por Kemper e Chepil (1965) e representada pelo diâmetro médio dos agregados em milímetros (mm). A microporosidade (Mi) conforme método utilizado pela Embrapa (1997) e porosidade total (PT), pela expressão: $PT = (1 - Ds / Dp) \times 100$ de acordo com Vomocil (1965). A macroporosidade (Ma) foi calculada pela diferença entre porosidade total e a microporosidade. O grau

de floculação (GF) foi calculado pela fórmula: $GF = (\% \text{ de argila} - \% \text{ de ADA}) / \% \text{ de argila} \times 100$. O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico concentrado (Walkley-Black) e titulação com sulfato ferroso amoniacal (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados das análises físicas do solo foram submetidos à análise de variância sob um delineamento experimental inteiramente casualizado e a comparação entre cada área foi feita através da aplicação do teste de média de Tukey, baseado na amplitude total estudada, em nível de 5% de

probabilidade por meio do Sistema de Análise Estatística e Genética-SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De uma maneira geral todas as amostras de solo apresentaram granulometria semelhantes, com teores de argila variando entre 45 e 61%, na profundidade de 0 a 10 cm, o que os incluem na classe textural de solos argilosos, e teores de argila superiores a 60%, na camada de 10 - 20 cm, que os enquadram na classe textural muito argilosa, com exceção do C22 que, apresentou um teor de argila de 55%, que corresponde a solo argiloso (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização textural e teor de carbono orgânico (CO) de amostras de solo sob mata secundária e cultivado com café, no município de Viçosa-MG.

Prof. cm	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe textural	CO* dag kg ⁻¹
-----g kg ⁻¹ -----						
Cafeeiro com 16 anos de cultivo (C16)						
0 a 10	220	130	70	580	Argiloso	3,19 c
10 a 20	200	120	70	610	Muito argiloso	2,33 B
Cafeeiro com 22 anos de cultivo (C22)						
0 a 10	330	120	100	450	Argiloso	3,06 c
10 a 20	310	90	60	540	Argiloso	2,43 AB
Mata com 30 anos (M30)						
0 a 10	220	130	60	590	Argiloso	4,01 b
10 a 20	200	120	70	610	Muito argiloso	3,11 A
Mata com 40 anos (M40)						
0 a 10	230	140	50	580	Argiloso	5,58 a
10 a 20	190	140	60	610	Muito argiloso	3,01 AB

(*) As médias seguidas por uma mesma letra na coluna e na mesma profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O cultivo do cafeeiro em relação à condição natural acarretou redução de resíduos orgânicos sobre o solo, principalmente na camada de 0-10cm, e em consequência uma redução do teor de carbono orgânico (Tabela 1), em razão da manutenção da entrelinha do café livre de vegetação. A fitomassa, além de provocar maior acúmulo de carbono, também influenciou nas propriedades do solo, uma vez que atua como isolante entre o solo e a atmosfera. Solos com boa cobertura impedem ou diminuem a ação direta das gotas de chuva, mantêm mais uniforme a umidade e temperatura, favorecem o desenvolvimento do sistema radicular e à atividade microbiana e contribuem para a criação de um ambiente mais favorável à sua agregação (CAMPOS et al., 1999).

Na Figura 2 verificam-se os resultados da estabilidade de agregados, expressos pela distribuição de agregados nas diversas classes de tamanhos para as profundidades estudadas. A melhor estruturação do solo nas coberturas sob mata (M30 e M40) e no sistema C16 pode ser observada por meio do aumento da porcentagem de agregados nas classes de maior diâmetro, e pela diminuição nas de menor diâmetro nas duas profundidades. Isto ocorreu seguramente pela permanência de resíduos orgânicos na superfície do solo, de forma natural nas áreas de mata e, provavelmente, via recepa no sistema C16, os quais se decompõem pela ação da biota do solo, resultando na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização de agregados (GÓES et al., 2005, CAMPOS et al., 1995).

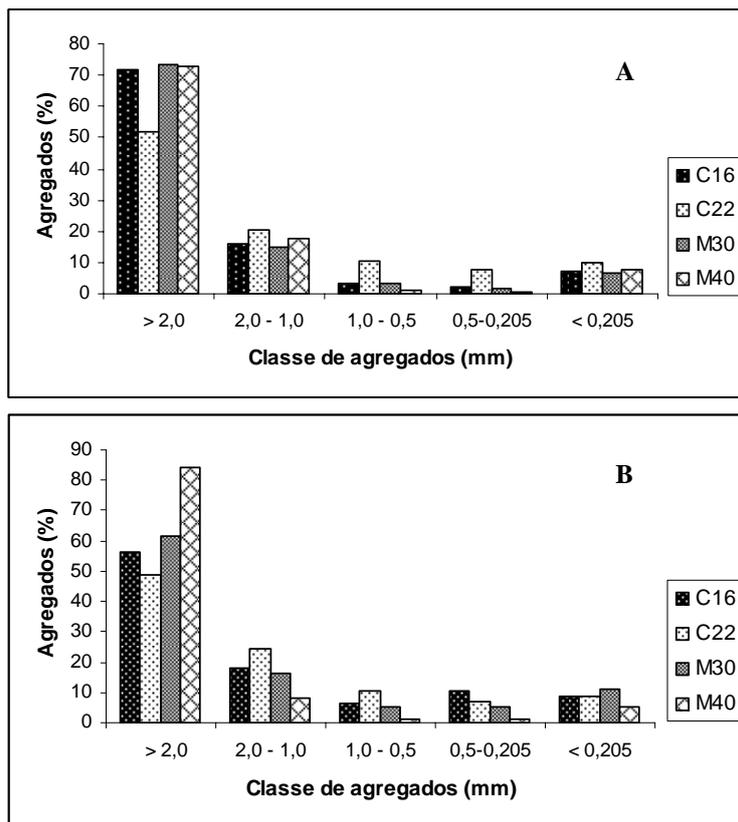


Figura 2. Distribuição das classes de tamanho dos agregados estáveis em água, nas profundidades de 0 a 10 (A) e 10 a 20 cm (B), em amostras de solo cultivado com cafeeiro e sob mata secundária, no município de Viçosa-MG.

Além desses aspectos, pode-se salientar o efeito físico das raízes das árvores nas áreas sob mata natural favorecendo a formação, manutenção e o tamanho dos agregados do solo (SILVA et al., 1998), enquanto que o impacto direto das gotas de chuvas em área desprovida de cobertura vegetal contribui para a destruição desses agregados (PALADINI; MIELNICZUK, 1991), como no sistema C22.

Foram observadas correlações positivas do teor de carbono orgânico com classe de agregados nas duas profundidades estudadas com exceção na classe 1 a 2mm na profundidade de 0 a 10 cm, e na classe < 0,25 nas duas profundidades (Tabela 2),

confirmando os dados obtidos por Wendling et al. (2005) e Beutler et al. (2001) os quais encontraram maiores valores de agregação com o incremento no teor de CO em Latossolos distróficos. Sabe-se que a influência da MO na agregação do solo é resultante da ação conjunta de microrganismos e da vegetação, pois os microrganismos exercem uma ação física na adesão entre as partículas de solo atuando como agentes ligantes físicos e produzindo agentes colantes ou cimentantes (polissacarídeos de alta viscosidade e substâncias húmicas), como resultado de sua ação heterotrófica sobre a MO do solo (TISDALL; OADES, 1982; ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000).

Tabela 2. Coeficiente de correlação das classes de tamanho de agregados com o teor de carbono orgânico em amostras de solo cultivado com café e sob mata secundária, no município de Viçosa-MG

Atributo (%)	Carbono orgânico ⁽¹⁾	
	0 a 10 cm	10 a 20 cm
Agregados na classe 2 mm	0,4609 **	0,4683*
Agregados na classe 2 a 1 mm	-0,1137 ^{ns}	-0,4457*
Agregados na classe 1 a 0,5 mm	-0,5897 **	-0,5095*
Agregados na classe 0,5 a 0,25 mm	-0,6206 **	-0,4895*
Agregados na classe 0,25 mm	-0,1996 ^{ns}	-0,1329 ^{ns}

(1) correlação obtida com um n° de pares de dados (n=16);* Significativo ao nível de 5 %;** Significativo ao nível de 1 %; ns- Não significativo

Com relação à densidade de solo (Ds), observou-se que os solos sob cafeeiro apresentaram valores significativamente superiores aos das áreas sob mata (Tabela 3). Matiello et al. (2005) em estudo com mudas de cafeeiro arábica em vasos

notaram que as raízes foram capazes de ultrapassar camadas de solo com Ds até $1,2 \text{ kg cm}^{-2}$, enquanto que em Ds variando de $1,20$ a $1,35 \text{ kg cm}^{-2}$, e apenas algumas raízes conseguiram atravessar, onde se enquadra os valores encontrados no sistema C22.

Tabela 3. Valores médios de densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), e Equivalente de umidade (EU) de amostras de solo cultivado com café e sob mata secundária, no município de Viçosa-MG

Prof. Cm	Ds -----g cm ⁻³ -----	Dp	PT	Ma -----m ³ m ⁻³ -----	Mi	ADA -----%-----	GF	EU * kg kg ⁻¹
Cafeeiro com 16 anos de cultivo (C16)								
0-10	1,12 b	2,59 a	0,57 c	0,29 a	0,27 a	7,80 bc	86 ab	0,29 a
10-20	1,16 B	2,65 A	0,56 C	0,22	0,34 A	14,00 A	77 AB	0,28 A
BC								
Cafeeiro com 22 anos de cultivo (C22)								
0-10	1,27 a	2,50 b	0,49 d	0,17 b	0,32 a	13,20 a	71 c	0,26 b
10-20	1,32 A	2,62 AB	0,49 D	0,13 C	0,36 A	16,90 A	69 B	0,27 A
Mata com 30 anos (M30)								
0-10	1,02 c	2,50 b	0,59 b	0,28 a	0,32 a	9,80 ab	83 b	0,29 a
10-20	1,06 C	2,58 AB	0,59 B	0,27 Ab	0,32 A	9,30 B	85 A	0,28 A
Mata com 40 anos (M40)								
0-10	0,98 c	2,52 b	0,61 a	0,35 a	0,26 a	4,40 c	92 a	0,30 a
10-20	1,00 D	2,60 AB	0,61 A	0,32 A	0,29 A	8,80 B	86 A	0,28 A

(*) As médias seguidas por uma mesma letra maiúscula ou minúscula na coluna e na mesma profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Rena e DaMatta (2002) a resistência mecânica do solo pode afetar, severamente, a expansão de raízes do sistema radicular do cafeeiro e o transporte de água e de assimilados específicos das raízes para a parte aérea. Para os autores, as raízes que são submetidas a grandes resistências mecânicas do solo se alongam menos, apresentam maior diâmetro em razão de procurarem caminhos de menor resistência e são bastante deformadas provavelmente pela ação de etileno que são produzidos em maior quantidade sob tais condições.

O solo do sistema C22 apresentou uma porosidade total (PT) abaixo de 50%, com predomínio de microporos (Mi), enquanto que para os demais sistemas de manejo esses valores estiveram próximos a 60 % (Tabela 3). Nesse sistema, a macroporosidade (Ma), ou porosidade de aeração, foi reduzida na profundidade 10 a 20 cm para valores próximos ao mínimo de 10% considerado restritivo ao desenvolvimento radicular (VOMOCIL; FLOCKER, 1966) e, provavelmente, teve implicações nos processos de difusão gasosa e movimento da água, uma vez que os macroporos são importantes para o crescimento de raízes e para o rápido fluxo de ar e de água no solo (CULLEY et al., 1987). Ocorreram reduções médias de 25 e 21%

nos sistemas C16 e C22 na porosidade de aeração, respectivamente, na camada de 10 a 20 cm, em relação à camada superficial, enquanto que nos sistemas de mata esta redução foi menor que 10%.

É provável que o aumento de Ds e redução da PT no sistema C22, estejam relacionados com o processo constante de umedecimento e secagem e ao impacto de gotas de chuvas sobre a superfície do solo, favorecendo a desagregação e remoção de partículas e contribuindo para a translocação de partículas mais finas para os horizontes inferiores causando entupimento dos poros. Este fato possibilita maior arraste de partículas no sentido da declividade nesse sistema, pelo efeito do escoamento superficial de maior volume de água.

Cunha (1995) encontrou acréscimos nos valores de Ds e diminuição da PT nos primeiros 10 cm em um Latossolo Vermelho Amarelo de encosta em decorrência do seu uso prolongado com o cultivo do cafeeiro em relação à mata secundária, trazendo como consequência problemas de compactação do solo e perda de nutrientes pela erosão. O autor atribuiu o aumento da Ds à retirada da vegetação, a qual interceptava a chuva, impedindo o impacto de gotas no solo, e também contribuía para a manutenção de maiores teores de matéria orgânica o solo.

Por outro lado, Alcântara e Ferreira (2000) observaram que apenas a permanência da entrelinha de plantio sem capina em um cultivo com cafeeiro Catuaí durante 21 anos, contribuiu para o aumento do teor de matéria orgânica e, conseqüente, manutenção da Ds, PT e agregados estáveis semelhantes à condição de mata nativa adjacente à área de cultivo, mostrando-se, portanto, uma forma eficiente na manutenção da qualidade física do solo cultivado com cafeeiros, ressaltando a importância de resíduos orgânicos na estruturação do solo.

É possível ainda que maiores valores de PT e Ma no sistema C16 em relação ao sistema C22, podem ter sido influenciado pelo processo de recepa, visto que esta prática consiste em uma poda drástica com remoção total da copa do cafeeiro incorporando ao solo grande parte desta, tendo também como conseqüência, desequilíbrio do sistema radicular, com morte de até 80% das raízes das plantas (RIBEIRO; ALVARENGA, 2001). Assim, os resíduos orgânicos que permanecem no solo sofrerão ação dos microrganismos e com a morte de raízes os espaços ocupados por elas podem ter se tornados poros biológicos.

Nos sistemas com cafeeiro, as adubações e calagens realizadas periodicamente, seguramente deixam o complexo sortivo, dominado por Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , íons de menor potencial floculante, concorrendo assim, para um aumento da dispersão de argila. Isso deixa os solos suscetíveis ao processo de eluviação de argila, fenômeno denominado por Hudson (1984) apud Jucksch (1987) como erosão vertical, causando a obstrução de poros em camadas inferiores e, em conseqüência, dificultando a taxa de infiltração e movimento de água no solo. Deste modo, com a ação das chuvas a argila entra em suspensão com o fluxo de água superficial podendo ser carregada no sentido da declividade, o que contribui para o empobrecimento do solo. No sistema C22 observam-se tanto os efeitos de

eluviação de argila no perfil, evidenciados pela diminuição da macroporosidade (Ma) em cerca de 20% (Tabela 3), quanto à perda de solo por erosão, indicada pelo menor teor de argila na camada superficial (Tabela 1).

O EU nos solos sob mata e no solo do sistema C16 tendeu a diminuir com a profundidade, sugerindo que a retenção de água no solo foi influenciada principalmente pela MO. Com a diminuição do teor de MO, em profundidade, houve tendência de diminuição da água retida (Tabela 3). Contudo, no sistema C22 a profundidade 10 a 20 cm exibiu maior retenção de água, acompanhando o aumento da fração argila, em torno de 20% (Tabela 1), muito acima do percentual dos demais sistemas. Portanto, a diminuição drástica do teor argila, provavelmente devido à perda por eluviação e/ou erosão, na profundidade 0 a 10 cm, contribuiu para aumentar a retenção de umidade em cerca de 4% na camada de 10 a 20 cm, embora os teores de MO tenham diminuído com a profundidade, o que supostamente poderia contribuir para diminuir o EU.

CONCLUSÕES

O sistema de cultivo com cafeeiros em que se mantêm as entrelinhas livres de resíduos orgânicos reduz a estabilidade de agregados contribuindo para diminuição da porosidade e aumento da densidade do solo.

O carbono orgânico mostrou-se altamente correlacionado com os índices de estabilidade de agregados.

O processo erosivo e a eluviação de argila foi evidenciado no sistema C22 pela diminuição do teor de argila na camada superficial.

A recepa contribuiu para melhorias das propriedades físicas do solo.

ABSTRACT: Some practices of management promotes changes in some attributes related to and physical properties. This work aimed to evaluate the impact of coffee plantation on soil physical attributes. Four areas were selected: a) coffee (CV Mundo Novo) with 22 years of adaption (C22), after use with pasture; b) coffee (CV Catuaí) during 16 years of adaptations (C16), c) secondary forest with 30 years old (M30) and d) secondary forest with 40 years old (M40). Soil samples were collected at the of 0-10cm and 10-20 cm depth. The C22 area showed a lesser stability of aggregate contributing for the reduction of the soil porosity and density. Significant positive correlations were observed between total organic carbon and the stability aggregate. The C22 area showed indications of erosion evidenced by the reduction of the clay content in the superficial layer. Recepa conducted through in the C16 system contributed for improvements in the soil physical properties.

KEYWORDS: Aggregation. Iluviation. Recepa.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 711-721, 2000.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, L. A. ; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrofico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 129-136, 2001.
- BURGER, J. A.; KELTING, D. L. Using soil quality indicators to asses forest stand management. **Forest Ecological Management**, v. 122, p. 155-166, 1999.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 383-391, 1999.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 121-126, 1995.
- CRUZ, A. C. R.; PAULETO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1105-1112, 2003.
- CULLEY, J. L. B.; LARSON, W. E.; RANDALL, G. W. Physical properties of a tropical Haplaquol under tillage and no-tillage. **Soil Science Society America Journal**, v. 51, p. 1587-1593, 1987.
- CUNHA, G. M. **Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo álico, de encosta, sob duas coberturas: café e mata natural**. 1995, 65f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- GOES, G. B.; GREGGIO, T. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ADRIOLI, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. **Irriga**, Botucatu, v.10, p. 116-122, 2005.
- JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho Escuro**. 1987, 37f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- KEMPER, W. D. ; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sapling*. Madison: American Society of Agronomy, 1965, p. 499-510.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005, 438 p.
- MIRANDA, E. E. V.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. A. O.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. e LASMAR JUNIOR, E. Efeito do manejo e do tráfego nos modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros. **Ciencia Agrotecnologica**, Lavras, p. 1506-1515, 2003. (Edição especial).

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, v. 76, p. 319-337, 1984.

PALADINI, F. C. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 135-140, 1991.

RENA, A. B. e DAMATTA, F. B. O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002, p. 11-83.

REZENDE, S. B.; RESENDE, M.; GALLOWAY, H.M. Crono topossequência de Solos em Viçosa, MG. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 19, p. 167-181, 1972.

RIBEIRO, A. F. ; ALVARENGA, A. P. Manejo da lavoura cafeeira. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologia de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001, p. 295-326.

RUIZ, H. A. **Métodos de análises físicas do solo**. Viçosa: UFV, 2003, 22p.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: challenges and opportunities. **Forest Ecological. Management**, v. 138, p. 335-356, 2000.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, A. M. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sucessão milho adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 33, p. 97-103, 1998.

SIX, J.; PAUSTIAN, K. ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society America Journal**, v. 64, p. 681-689, 2000.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.174 p. (Boletim técnico, 5).

TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; SEVERINO, G. M.; FERNANDES, D. L.; FERREIRA NETO, J. G.; MARCUZZO, K. V. Avaliação de diferentes lâminas de irrigação do cafeeiro no cerrado mineiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, Anais... Brasília: Embrapa Café, 2003, p.114.

TISDALL, J. M. ; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal Soil Science**, v. 33, p. 141-145, 1982.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A. (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965, p. 299-314.

VOMOCIL, J. A. ; FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. **Transaction America Society Agriculture Engineer**, San Jose, v. 4, p. 242-246, 1966.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 487-494, 2005.