

EROSÃO HÍDRICA E COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMAS CAFEIROS CONSERVACIONISTAS E CONVENCIONAIS

Gabriel Pinto Guimarães¹, Klinger Chaves de Andrade², Eduardo de Sá Mendonça³

(Recebido: 06 de outubro 2014 ; aceito: 25 de novembro de 2014)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar as perdas de solo, água, carbono (C) e nitrogênio (N) e os compartimentos da matéria orgânica do solo (MOS), em sistemas cafeeiros pertencentes ao bioma Mata Atlântica, do sul do Espírito Santo. Foram avaliados quatro agroecossistemas de café: conservacionista 1 (Csv1), conservacionista 2 (Csv2), convencional 1 (Conv1), convencional 2 (Conv2) e uma área de Mata Atlântica (Mata). As avaliações das perdas pela erosão hídrica, sob condição de chuva natural, foram realizadas de julho a dezembro de 2012 e 2013. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para avaliação dos teores de COT, NT e dos compartimentos da MOS. Os resultados mostraram que a precipitação de 540,8 mm, ocorrida durante os 6 meses de avaliação em 2012, promoveu perdas de água em 1110, 2740, 6270 e 5930 mm ha⁻¹ para o Csv1, Csv2, Conv1 e Conv2, respectivamente, já as perdas de solo para esses respectivos sistemas foram de 2,87; 2,85; 152,13 e 21,17 Kg ha⁻¹. Para precipitação de 669,4 mm, ocorrida durante julho a dezembro de 2013, as perdas totais de água foram de 203, 2900, 4750, 6270 e 8620 mm ha⁻¹ para Mata, Csv1, Csv2, Conv1, Conv2, respectivamente. Sistemas convencionais apresentaram perda média total de 3363 g ha⁻¹ de C e 282 g ha⁻¹ de N, presente no solo erodido de 2012. Os sistemas conservacionistas apresentaram teores de C no compartimento biomassa microbiana 253 vezes superior, em relação aos sistemas convencionais na profundidade 0-10 cm.

Termos para indexação: Cafeicultura, matéria orgânica do solo, conservação do solo.

RAINFALL EROSION AND COMPARTMENTS SOIL ORGANIC MATTER IN COFFEE SYSTEMS CONSERVATIONIST AND CONVENTIONAL

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the losses of soil, water, carbon (C) and nitrogen (N) and the compartments of soil organic matter (SOM) in coffee systems belonging to the Atlantic Rainforest biome south of state of Espírito Santo. Four coffee agroecosystems were evaluated: conservationist 1 (Csv1), conservationist 2 (Csv2), conventional 1 (Conv1), conventional 2 (conv2) and field of Atlantic Forest (Mata). Evaluations of loss by water erosion under natural rainfall condition were carried from July to December 2012 and 2013. Soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm for evaluation of TOC, NT and compartments of SOM. The results showed that precipitation of 540,8 mm occurred during the 6 month of evaluation in 2012 promoted losses water in 1110, 2740, 6270 and 5930 mm ha⁻¹ for Csv1, Csv2, Conv1 and Conv2, respectively, since soil losses for these respective systems were 2,87; 2,85; 152,13 and 21,17 kg ha⁻¹. For precipitation of 669,4 mm occurred during July to December 2013 the water total losses were 203, 2900, 4750, 6270 and 8620 mm ha⁻¹ for Mata, Csv1, Csv2, Conv1, Conv2, respectively. Conventional systems showed total average loss of 3363 g C ha⁻¹ and 282 g ha⁻¹ of N in the soil eroded in 2012. Conservationists systems showed C levels of microbial biomass pool 253 times higher compared to conventional systems in the 0-10 cm depth.

Index terms: Coffee cultivation, soil organic matter, soil conservation.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo (ES), maior produtor de café conilon do Brasil, tem a cafeicultura como a principal atividade agrícola. No Território do Caparaó (TC), localizado ao sul do Estado, a cafeicultura é responsável por representar 70% da renda agrícola da microrregião, que possui 81,8 % dos estabelecimentos agrícolas constituídos por agricultores familiares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009).

Esta região pertence ao bioma Mata Atlântica, um dos ambientes de maior biodiversidade do Brasil, entretanto os desmatamentos indiscriminados fizeram com

que, atualmente, tenha 12-14% do bioma original (RIBEIRO et al., 2009). Inserida neste bioma, a cafeicultura do TC está instalada em relevo forte ondulado a montanhoso, onde as perdas de solo e água por erosão hídrica são mais elevadas quando comparadas às perdas em relevos planos (PAULA et al., 2013; THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONÇA, 2012). Além da topografia do terreno, as perdas de solo e água também estão relacionadas às características e distribuição das precipitações, tipo de vegetação, tipo de solo e sistema de manejo (PALÁCIO et al., 2012).

A erosão é um fenômeno de superfície onde a cobertura do solo por restos culturais, os métodos de preparo e o manejo do solo desempenham papel primordial na resistência dos

^{1,2,3}Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias/CCA-UFES Alto Universitário s/n - 29500-000 - Alegre-ES - gabryelpg@yahoo.com.br, kingerchaves@hotmail.com, eduardo.mendonca@ufes.br

solos aos processos erosivos (VOLK et al., 2004). As perdas de água e solo via erosão diminuem a capacidade produtiva dos solos, pois remove sedimento rico em matéria orgânica (SOUZA; MADEIRA; FIGUEIREDO, 2014), nutrientes essenciais aos cultivos, partículas finas que são reativas no solo e causa assoreamento e poluição dos cursos d'água (BARROS et al., 2009).

Grupos de agricultores familiares do TC estão diversificando a produção de café, objetivando aumento da renda e a redução da erosão. Estes produtores também têm optado por manejos conservacionistas por priorizarem aporte de resíduos orgânicos, cobertura vegetal do solo e controle das espontâneas com roçadeira. Estas práticas de manejo têm-se destacado como estratégias eficazes quando se referem a menores perdas de solo e água em sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (AMARAL et al., 2008; BAGATINI et al., 2011).

Especificamente para o cafeeiro, algumas práticas são indicadas para reduzir a erosão. O menor espaçamento e o maior estágio de desenvolvimento estão relacionados com menores perdas erosivas (PROCHNOW et al., 2005; RANGEL et al., 2007, 2008). De forma semelhante, o manejo da vegetação espontânea com roçada, em substituição às capinas também tem proporcionado menores perdas de solo (CARVALHO et al., 2007; PAULA et al., 2013). Em lavoura com 52% de declive do TC, para uma precipitação de 377 mm de chuva natural, durante novembro de 2010 e março de 2011 (estação chuvosa), a perda de solo no cafeeiro capinado foi de 7240 Kg ha⁻¹, enquanto que para a lavoura roçada, a perda de solo foi de 4650 Kg ha⁻¹ (PAULA et al., 2013).

Outra forma de redução da erosão ocorre através da diversificação dos sistemas de produção de cafeeiro, a exemplo dos sistemas agroflorestais (SAFs), no qual há maior aporte de matéria orgânica e maior cobertura do solo (AGUIAR et al., 2010). Sob chuvas naturais (precipitação total de 1061 mm), ocorridas durante outubro de 2010 e março de 2011 (6 meses de avaliação), foram quantificadas perdas de 2710 kg ha⁻¹ de solo em sistemas de manejo cafeeiro convencional e de 93kg ha⁻¹ para cafeeiro conservacionista (AZEVEDO et al., 2011).

Na Zona da Mata de Minas Gerais, Franco et al. (2002) observaram perda média de solo de 217 kg ha⁻¹ ano em 11SAFs com café, enquanto que, para 14 cafeeiros convencionais, a perda média foi de 2612kg ha⁻¹ ano. Maiores

perdas de solo, água e nutrientes em manejos cafeeiros convencionais foram diagnosticadas, quando comparadas a cafeeiros conservacionistas (TOMAZINI et al., 2012).

Além das perdas de solo, água e nutrientes há também forte impacto da erosão sobre as perdas de matéria orgânica do solo (MOS) (CARVALHO et al., 2007; THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONÇA, 2012). Assim, os sistemas agroflorestais, além de reduzirem a erosão, também favorecem o acúmulo de MOS e nutrientes no solo (FAVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008).

Em regiões declivosas, como no TC, a quantificação das perdas de solo e água por erosão hídrica é fundamental, devido ao alto índice de erosão (FERREIRA et al., 2010). Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar as perdas de solo, água, carbono (C) e nitrogênio (N) e os compartimentos da matéria orgânica do solo (MOS), em sistemas cafeeiros pertencentes ao bioma Mata Atlântica, no sul do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi realizado em áreas de agricultura familiar da comunidade Feliz Lembrança, no Território Caparaó-ES, área de abrangência do bioma Mata Atlântica. Todas as áreas estão na mesma microbacia e próximas de uma área de Mata, que foi avaliada para servir de referência na discussão dos resultados. O local possui coordenadas geográficas de 20°47'56"S e 41°30'32"W com altitude 386 m. O clima regional é o tropical chuvoso no verão e seco no inverno, com pluviosidade anual média de 800 a 1200 mm e temperatura média anual de 22° C.

Os solos estudados foram classificados, segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006), como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, cuja caracterização química na profundidade 0-10 e 10-20 cm encontra-se na Tabela 1. Os sistemas cafeeiros avaliados estão no espaçamento de 2 a 2,5 metros entre-linhas e 1 a 1,5 metros entre plantas, com declividade variando de 33 a 37 %. Existem sistemas de manejo convencional (Conv1 e Conv2), onde ocorre o uso da capina e herbicidas no controle das plantas espontâneas e há sistemas conservacionistas (Csv1 e Csv2), em que se utiliza roçadeira costal para o manejo das plantas espontâneas (Tabela 2).

TABELA 1 - Caracterização química dos sistemas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Sistemas	pH	Pmg dm ⁻³	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V %
0-10 cm												
Mata	7,13	25,87	395,0	6	5,57	2,16	0	0,74	8,77	8,77	9,51	92,2
Csv1	5,95	6,04	104,1	6	1,81	1,01	0	1,90	3,11	3,11	5,01	62,1
Csv2	5,76	26,91	86,0	9	2,24	0,64	0	4,95	3,13	3,18	8,13	38,5
Conv1	6,25	7,65	213,1	4	1,85	1,08	0	1,40	3,49	3,49	4,89	71,4
Conv2	5,65	6,04	238,2	5	1,12	0,59	0	4,04	2,34	2,34	6,38	36,7
10-20 cm												
Mata	6,88	17,08	423,0	9	4,29	2,03	0	0,99	7,44	7,44	8,43	88,3
Csv1	5,49	5,96	72,0	8	1,05	0,67	0,05	2,56	1,94	1,99	4,55	42,6
Csv2	5,61	17,00	99,1	9	2,26	0,62	0,0	5,36	3,17	3,27	8,63	36,7
Conv1	5,48	3,38	110,2	4	1,16	0,71	0	2,64	2,17	2,17	4,81	45,1
Conv2	5,45	3,78	79,3	8	0,91	0,48	0,2	3,80	1,63	1,83	5,63	29,0

pH: relação solo-água (1:2,5), P disponível (Fósforo disponível, extrator Mehlich⁻¹), K (potássio, extrator Mehlich⁻¹), Na(sódio), Ca⁺² (cálcio, extrator KCl 1 molL⁻¹), Mg⁺² (magnésio, extrator KCl 1 molL⁻¹), Al (alumínio, extrator KCl 1 molL⁻¹), H+Al(soma de hidrogênio e alumínio, extrator Ca(Oac)₂ 0,5 mol L⁻¹), SB (Soma de Bases); t (CTC efetiva), T (CTC potencial), V (Saturação por bases). Mata, Csv1 (conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2).

TABELA 2 - Caracterização da Mata e dos sistemas de manejo de café estudados.

Sistemas	Composição anterior	Composição atual	TA ⁽⁴⁾	Idade Cafeeiro	Adubação	CVC ⁽⁷⁾	CE ⁽¹⁰⁾	RO ⁽¹³⁾	H ⁽¹⁶⁾
Mata ⁽¹⁾	Espécies de Mata ⁽¹⁾	Espécies de Mata ⁽¹⁾ .	-	-	-	PRS ⁽⁸⁾	-	-	-
Csv1	Café e Coco	Café, Coco, Laranja, Banana, VE ⁽²⁾ , TRP ⁽³⁾ .	7	13	NR ⁽⁶⁾	PRS ⁽⁸⁾	NR ⁽¹²⁾	RM ⁽¹⁴⁾	NA ⁽¹⁷⁾
Csv2	Café e Acerola	Café, Acerola, Brachiaria, VE ⁽²⁾ .	4	15	NR ⁽⁶⁾	PRS ⁽⁸⁾	NR ⁽¹²⁾	RM ⁽¹⁴⁾	NA ⁽¹⁷⁾
Conv1	Café	Café, Banana, Laranja, Mamão.	5	14	2x/ano NPK ⁽⁵⁾	AUS ⁽⁹⁾	R ⁽¹¹⁾	NR ⁽¹⁵⁾	2x/ano ⁽¹⁸⁾
Conv2	Café	Café	7	7	2x/ano NPK ⁽⁵⁾	AUS ⁽⁹⁾	R ⁽¹¹⁾	NR ⁽¹⁵⁾	2x/ano ⁽¹⁸⁾

⁽¹⁾Mata: Mata Atlântica; ⁽²⁾ VE: Vegetação espontânea; ⁽³⁾ TPR: Trapoeraba; ⁽⁴⁾ TA: Tempo de adoção do sistema atual; ⁽⁵⁾ Realiza 2 adubações anuais com NPK baseada na análise do solo; ⁽⁶⁾ NR: Não realiza adubação; ⁽⁷⁾ CVG: Cobertura Vegetal; ⁽⁸⁾ PRS: Presente; ⁽⁹⁾ AUS: Ausente; ⁽¹⁰⁾ CE: Capina com enxada; ⁽¹¹⁾ R: Realiza capina; ⁽¹²⁾ NR: Não Realiza capina; ⁽¹³⁾ RO: Roçagem; ⁽¹⁴⁾ RM: Roçagem mecânica; ⁽¹⁵⁾ Não realiza roçagem mecânica ⁽¹⁶⁾ H: Herbicidas; ⁽¹⁷⁾ NA: Não aplica ; ⁽¹⁸⁾ número de vezes por ano que aplica-se herbicida.

2.2 Erosão hídrica e determinação dos teores de C e N no solo erodido

Determinações de perdas de água ocorreram no período de julho a dezembro de 2012 e 2013 e, de solo, no período de julho a dezembro de 2012. Foram utilizados coletores desenvolvidos por Franco et al. (2002). O coletor é composto por uma “mesa” de 0,20 m de largura, que é inserida no solo, acoplada a uma calha móvel que sustenta um saco plástico com capacidade de 5 litros. Os coletores foram instalados na primeira semana de julho de 2012. No terço médio dos diferentes sistemas foram demarcadas três parcelas experimentais (replicatas), com 10 m de comprimento e 5 m de largura.

As perdas de solo e água tomadas pelos coletores foram relacionadas à pluviosidade mensal. Para medir a pluviosidade mensal, foi instalado pluviômetro na área estudada. Após as chuvas, as sacolas eram coletadas e substituídas por outras. O material proveniente do escoamento superficial presente nas sacolas foi pesado, transferido para baldes plásticos e, após 24 horas sedimentando, teve a separação da água e do solo por sifonação. Quando havia solo nas sacolas, este foi separado, seco ao ar, e em seguida, pesado em balança analítica. O volume de água coletado foi obtido por diferença entre o peso total da sacola (solo + água), menos o peso do solo.

Os valores de perdas de solo e água foram obtidos em Kg ha^{-1} e mm ha^{-1} , respectivamente. As perdas foram calculadas pela seguinte equação: $P = (AQ/p) * LS$, em que P = perdas de solo ou água; A = fator de conversão, obtido pela relação entre a largura da parcela (5 m) e a largura do coletor (0,2 m); Q = quantidade de solo (kg) ou água (L) coletada em cada coletor; p = área útil de cada coletor (ha), obtida pelo comprimento da parcela (10 m) multiplicado pela largura (5 m) e dividido por 10.000 m^2 (1 ha); LS = fator de combinação entre o grau de declividade e o comprimento de rampa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

As determinações do carbono (C) e nitrogênio (N) presentes no solo erodido, no período avaliado em 2012, foram feitas segundo a metodologia proposta por Tedesco (1995) e Yeomans e Bremmer (1988).

2.3 Teores de COT e NT e compartimentos da MOS

A coleta de solo ocorreu em setembro de 2013. Nas parcelas onde estavam os coletores, 10 amostras simples de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Após as coletas,

as amostras de solo foram homogeneizadas, formando-se uma amostra composta. As amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras foram moídas em grau de porcelana e o material foi passado em peneira de 0,212 mm de malha (70 mesh), para posterior análise dos teores de COT e NT, pelo método descrito em Tedesco (1995) e Yeomans e Bremmer (1988).

Para os compartimentos da MOS foram avaliados o carbono da biomassa microbiana (CBM), determinado pelo método irradiação-extração, adotando-se fator de conversão (K_c) de 0,33 (ISLAM; WEIL, 1998). Nas amostras não irradiadas desta análise foram obtidos o carbono extraível em sulfato de potássio ($\text{pH}=6,8$). Como o pH da água é próximo ao pH da solução de sulfato de potássio (sal fraco), os valores do carbono extraível em água são similares aos valores do carbono extraível em solução de sulfato de potássio. O compartimento matéria orgânica leve (MOL) foi determinado por densimetria em água, segundo Anderson e Ingram (1989). O carbono associado à matéria orgânica leve (Cmol) foi obtido via oxidação úmida em meio ácido com dicromato de potássio, segundo Yeomans e Bremmer (1988). O compartimento substâncias húmicas (SH) foi obtida pela equação: $\text{SH} = \text{COT} - \text{Cmol} - \text{CBM}$.

2.4 Análise estatística

As comparações envolvendo os sistemas cafeeiros e área de mata foram realizadas através da estatística descritiva. Foram utilizadas três replicatas para cada sistema de manejo. Para a obtenção das médias e desvio padrão, utilizou-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perdas de solo e água via erosão hídrica

A Figura 1A mostra a precipitação média mensal de julho a dezembro, do período de 1940 a 2002 obtida na estação meteorológica localizada na região dos sistemas avaliados. Os dados de precipitação de julho a dezembro de 2012 e 2013 são apresentados na Figura 1B. A precipitação mensal de dezembro de 2012 e novembro de 2013 foram inferiores e a de novembro 2012 e dezembro de 2013 foram superiores, em relação às médias históricas de 1940 a 2002 (Figura 1). Em outubro, novembro e dezembro de 2012, foram

registradas precipitações 144,2 mm a menos, em relação às médias históricas, o que causou redução na produção da cafeicultura regional. Além da redução da quantidade de chuva, observou-se também distribuição irregular dessas chuvas, com maior concentração no mês de novembro (Figura 1).

Este comportamento da precipitação impacta de forma direta nas perdas de solo e água via erosão hídrica em sistemas manejados. Como a Mata Atlântica é um sistema diversificado e com grande quantidade de cobertura vegetal sobre o solo, não foi detectado nos coletores a presença de

solo e água nos meses avaliados, no ano de 2012 (Figura 2).

Em julho de 2012 (precipitação = 8,8 mm), agosto de 2012 (precipitação = 60,6 mm), julho de 2013 (precipitação = 3,8 mm) e agosto de 2013 (precipitação = 14,6 mm) não houve perdas de solo e água, em nenhum dos sistemas estudados (Figura 2). Tal fato está associado às baixas pluviosidades ocorridas nestes meses que acarretaram baixa umidade do solo, proporcionando condições para rápida infiltração da água.

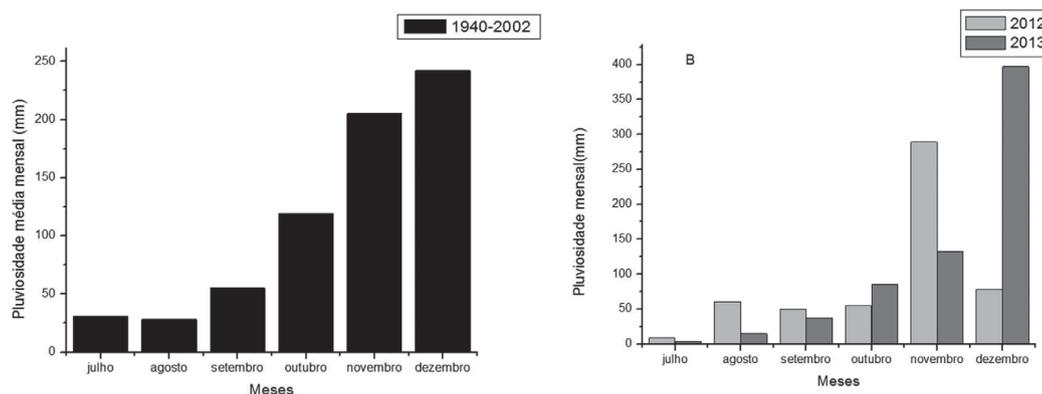


FIGURA 1 - Pluviosidade média mensal entre 1940-2002 (A) e pluviosidade mensal, nos anos 2012 e 2013 (B).

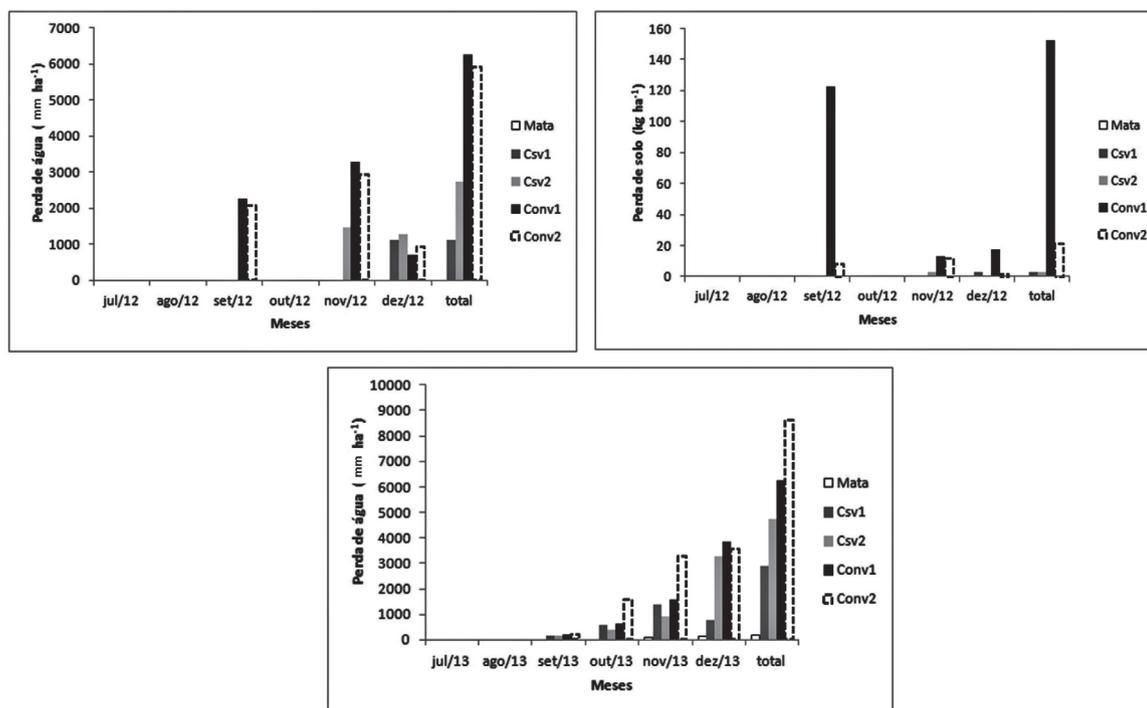


FIGURA 2 - Perdas de água, no período de julho a dezembro de 2012 e 2013, e perdas de solo, no período de julho a dezembro de 2012, em sistemas de manejo cafeeiro.

Em agosto de 2012, a boa distribuição temporal das chuvas (14 dos 31 dias ocorreram chuvas), de baixa intensidade durante todo o mês, não promoveu escoamento superficial. A distribuição temporal e a intensidade da chuva (relação da duração com a quantidade) são fatores que determinam as maiores taxas de perdas de solo e água via erosão hídrica (VOLK et al., 2004).

No mês de setembro de 2012 (precipitação = 49,4 mm), ocorreu a maior perda de solo em Conv1 e perda de água em Conv1 e Conv2. Essas perdas foram devido às concentrações das chuvas de alta intensidade no final do mês (a precipitação dos dias 21/09/12 e 27/09/12 representaram 60% da precipitação mensal), aliadas à falta de cobertura do solo, que resultou no impacto direto das gotas de chuva que desagrega o solo e arrasta com maior facilidade as partículas individualizadas (FRANCO et al., 2002). Os autores salientam que o controle da erosão hídrica, proporcionado por espécies arbóreas, é devido aos efeitos de redução no impacto direto das gotas de chuva no solo, ao aumento da infiltração de água, à manutenção do teor adequado de matéria orgânica e seu efeito agregador nas partículas do solo. Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao escoamento de excedentes hídricos, reduzindo-se o volume e a velocidade da enxurrada.

No mês de setembro, nos cafeeiros conservacionistas, não se verificaram perdas de solo e água, confirmando a importância da diversificação, da cobertura vegetal e do manejo com roçadeira sobre a redução da erosão hídrica, por não haver desestruturação do solo, como ocorre com o uso de enxadas (THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONCA, 2012).

Em outubro de 2012 (precipitação = 54,6 mm), as chuvas estiveram bem distribuídas no tempo. Dessa forma, não ocorreram perdas de solo e água nos sistemas de manejo estudados. Novembro (precipitação = 289 mm) foi o mês do ano de 2012 que apresentou grandes perdas de solo e água, sendo maiores nos sistemas convencionais, em relação aos sistemas conservacionistas. No mês de dezembro 2012 (precipitação = 78,4 mm) maiores perdas de solo foram verificadas no Conv1.

De julho a dezembro de 2012 (precipitação total = 540,8 mm), as perdas totais de água foram de 0, 1110, 2740, 6270 e 5930 mm ha⁻¹ e totais de solo de 0; 2,87; 2,85; 152,13 e 21,17 Kg ha⁻¹ para a Mata, Csv1, Csv2, Conv1 e Conv2, respectivamente.

De julho a dezembro de 2013 (precipitação total = 669,4 mm), as perdas de água foram de 203, 2900, 4750, 6270 e 8620 L ha⁻¹ para Mata, Csv1, Csv2, Conv1, Conv2, respectivamente.

Corroborando com os dados da presente pesquisa Carvalho et al. (2007), em Latossolo Vermelho, localizado em Lavras-MG, diagnosticaram perda total de solo de 16,1 e 96,5 kg ha⁻¹, durante julho a dezembro de 2003, para cafeeiro orgânico roçado e cafeeiro convencional capinado, respectivamente. Maiores perdas de solo em manejos cafeeiros convencionais (519,53 kg ha⁻¹), sob Latossolo Vermelho-Amarelo também foram observadas por Thomazini, Azevedo e Mendonca (2012), durante o período de dezembro de 2009 a abril de 2010. Estas pesquisas demonstram a importância de manejos conservacionista na prevenção da degradação do solo.

Um agroecossistema conservacionista pode apresentar menor perda de C e N, devido à menor quantidade de solo erodido. Essas perdas de C e N no solo erodido, em 2012 estão presentes na Tabela 3.

Apenas nos meses de novembro para o Csv2 e dezembro para o Csv1, ocorreu perda de sedimento. Para o Csv1 e Csv2, a perda média total foi de 163,5 g ha⁻¹ de C e 11,8 g ha⁻¹ de N. Para os sistemas convencionais (Conv1 e Conv2) ocorreram perdas de sedimento nos meses de setembro, novembro e dezembro que, na média, foram de 3363 g ha⁻¹ de C e 282 g ha⁻¹ de N. Essas perdas podem comprometer a capacidade produtiva e o meio ambiente, com consequente transporte de nutrientes de plantas e de C orgânico, os quais poderão contaminar águas em mananciais de superfície, entre outros ambientes (BERTOL et al., 2011).

Thomazini, Azevedo e Mendonca (2012) documentaram perdas médias de 448,1 g ha⁻¹ de C, para dois sistemas cafeeiros convencionais e de 9,7 g ha⁻¹ de C, para dois sistemas cafeeiros conservacionistas, durante o período de dezembro de 2009 a abril de 2010. As menores perdas de água, solo, C e N nos sistemas de manejo conservacionistas mostram o grande potencial desses sistemas para conservação do solo e, conseqüentemente, para garantir a maior sustentabilidade aos agricultores. Esses sistemas proporcionam maior cobertura do solo, e propiciam contínuo aporte de matéria orgânica.

3.2 Teores de COT e NT e compartimentos da MOS

O teor de COT variou de 11,15 a 22,24g kg⁻¹ e de 9,88 a 31,81 g kg⁻¹ para as profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 3). Os sistemas conservacionistas e convencionais apresentaram, em relação à Mata, reduções nos teores de COT em 33,3 e 42,0 % na profundidade 0-10 cm, respectivamente. Os teores de COT, do presente estudo, foram inferiores, quando comparados a outros trabalhos com cafeeiros, no bioma Mata Atlântica do sudeste brasileiro (BENITES et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008; RANGEL et al., 2008).

Apesar das perdas de COT nos manejos em relação à mata, a adoção dos manejos conservacionistas está propiciando recuperação e, ou minimização das perdas de COT, em relação aos convencionais. O aumento médio nos teores de COT dos sistemas conservacionistas, em relação aos convencionais foi de 15 e 7 % nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Para o NT, os teores variaram de 1,02 a 2,25 g kg⁻¹ na profundidade 0-10 cm e de 0,84 a 1,60 g kg⁻¹ profundidade 10-20 cm (Figura 3). O menor valor de NT no Conv2 está relacionado à ausência de resíduos vegetais sobre solo e menor quantidade de matéria orgânica. Como mais de 90 % do N do solo está presente na matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007), a ausência de consórcio com frutíferas e o manejo das plantas espontâneas com enxada e herbicida realizado no Conv2, proporciona menor quantidade de N no solo.

Esse quadro é comum em lavouras cafeeiras do TC e proporciona grande dependência de insumos externos (adubos e herbicidas), o que tem aumentando o custo de produção. Mesmo realizando duas aplicações anuais do formulado NPK no sistema Conv2, o teor de NT, na profundidade 0-10 cm, foi 25 % inferior em relação aos manejos conservacionistas, que possuem maior quantidade e diversidade de plantas que aportam N via matéria orgânica.

Os resultados dos compartimentos da matéria orgânica do solo indicaram que o teor de CE variou de 0,04 a 0,99 g kg⁻¹, na profundidade 0-10 cm e 0,06 a 0,11g kg⁻¹, na profundidade 10-20 cm (Tabela 4). Já o CBM na Mata foi 46 % superior, em relação aos sistemas cafeeiros, corroborando com os resultados obtidos por Glaeser et al. (2010) e Nunes et al. (2009). O bioma Mata Atlântica possui alto aporte orgânico e ciclagem de nutrientes constantes, proporcionando grande biomassa microbiana. A microbiota do solo utiliza o C, presente nos resíduos orgânicos, como fonte de energia para sua multiplicação. Com a decomposição e mineralização do material orgânico há liberação de nutrientes para o solo.

Os sistemas conservacionistas apresentaram teores de CBM 253% superiores, em relação aos convencionais na profundidade 0-10 cm, indicando que nesses sistemas, devido ao aporte de resíduos orgânicos, há incremento da microbiota do solo. Além do aporte orgânico, a biomassa microbiana é influenciada por fatores ambientais como temperatura e umidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Como a coleta de solo ocorreu em época seca (setembro de 2013), este fato pode ter colaborado com baixo valor do CBM, uma vez que este deve representar de 1 a 3% da MOS (SILVA; MENDONÇA, 2007). As umidades dos solos, na profundidade 0-10 cm, na época das análises foram: Mata (16,72%), Csv1 (12,94%), Csv2 (12,01%), Conv1 (10,69%), Conv2 (9,35%). Baixos teores de água no solo diminuem a atividade dos microrganismos (GLAESER et al., 2010; NUNES et al., 2009). Além disto, a redução da atividade dos microrganismos também está relacionada com a baixa oferta de resíduos orgânicos, uma vez que as quantidades de MOL dos manejos cafeeiros foram baixas.

A MOL fornece indicativos sobre o aporte de resíduos orgânicos. Assim, os teores de C associado a esta fração (Cmol) deve representar de 10 a 30% da COT (SILVA; MENDONÇA, 2007). Em todos os manejos conservacionistas e convencionais, os valores de Cmol representaram menos de 10% do COT (Tabela 4). Esses dados mostram que os agricultores familiares da região devem rever o manejo adotado de forma a, não somente disponibilizar maior quantidade de resíduos orgânicos, mas também manter maior taxa de cobertura do solo, uma vez que, em regiões com relevo forte ondulado a montanhoso, os índices de erosão são altos (FERREIRA et al., 2010).

Os baixos teores de COT, associados ao CBM e MOL nas áreas sob manejo, demonstram a importância das substâncias húmicas (SH) em preservar a matéria orgânica do solo. As SH devem representar de 70 a 90% do COT (SILVA; MENDONÇA, 2007) e somente na profundidade de 0-10 cm do sistema Mata, os teores de C associados à SH foram inferiores a 90 %, indicando baixa taxa de ciclagem de C nos demais sistemas. Diferente desta pesquisa, Perez et al. (2004) relataram na profundidade 5-15 cm que 68 e 60 % do COT estavam presentes nas SH do sistema cafeeiro agroflorestal e cafeeiro convencional, respectivamente, demonstrando melhor distribuição do C nos compartimentos da matéria orgânica.

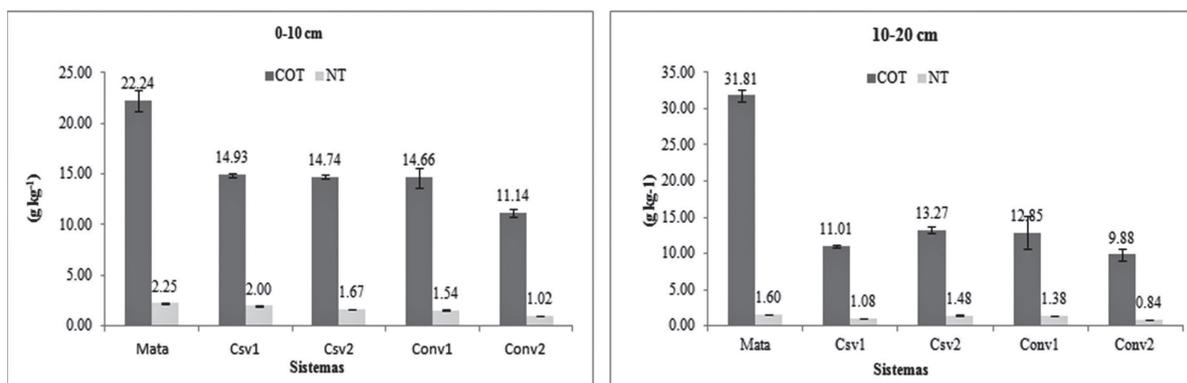
Os altos teores de C associados às SH demonstram a importância desse compartimento na preservação da MOS, nessa região. Essa preservação deve-se à sua associação com a fração mineral do solo e, conseqüentemente, à maior resistência aos processos erosivos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

TABELA 3 - Perdas de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo erodido, sob diferentes sistemas de cultivo de café, no ano de 2012.

Perdas de C no solo erodido (g ha ⁻¹)							
Meses	jul/12	ago/12	set/12	out/12	nov/12	dez/12	Total
Csv1	-	-	-	-	-	158,6 (5,52)	158,6
Csv2	-	-	-	-	168,3 (5,90)	-	168,3
Conv1	-	-	3947 (3,23)	-	466,6 (3,65)	967,9 (5,63)	5381,5
Conv2	-	-	499,3 (6,25)	-	755,2 (6,39)	88,9 (6,49)	1343,4

Perdas de N no solo erodido (g ha ⁻¹)							
Csv1	-	-	-	-	-	11,8 (0,41)	11,8
Csv2	-	-	-	-	11,7 (0,41)	-	11,7
Conv1	-	-	282,2 (0,23)	-	44,9 (0,35)	99,2 (0,58)	426,3
Conv2	-	-	50,9 (0,64)	-	77,8 (0,66)	8,9 (0,65)	137,6

Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2). Valores entre parênteses correspondem aos teores em dag kg⁻¹.

**FIGURA 3** - Teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio total (NT) na profundidade 0-10 e 10-20 cm para os diferentes manejos avaliados. Mata, Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2). A barra em cada teor médio refere-se ao desvio padrão.**TABELA 4** - Carbono extraível (CE), Carbono da biomassa microbiana (CBM), Matéria orgânica leve (MOL), Carbono da matéria orgânica leve (Cmol), Carbono associado à matéria orgânica leve do solo (Cmol solo⁻¹) e substâncias húmicas (SH) na profundidade 0-10 e 10-20 cm, nos diferentes sistemas.

Compartimentos/ Sistemas	CE g kg ⁻¹	CBM g kg ⁻¹	MOL g kg ⁻¹	Cmol g kg ⁻¹	Cmol solo ⁻¹ g kg ⁻¹	SH g kg ⁻¹
0-10 cm						
Mata	0,99 (0,40)	0,31 (1,39)	9,98	315,03	3,15 (14,17)	18,70 (84,0)
Csv1	0,08 (0,52)	0,22 (1,44)	4,20	210,04	0,89 (5,91)	13,75 (92,1)
Csv2	0,04 (0,28)	0,26 (1,75)	1,36	247,21	0,33 (2,28)	14,11 (95,7)
Conv1	0,07 (0,55)	0,09 (0,60)	1,30	284,07	0,37 (2,51)	14,12 (96,4)
Conv2	0,09 (0,78)	0,10 (0,89)	2,84	271,44	0,77 (6,92)	10,19 (91,4)
10-20 cm						
Mata	0,06 (0,19)	0,25 (0,80)	3,68	365,13	1,38 (4,35)	31,12 (94,67)
Csv1	0,10 (0,85)	0,18 (1,61)	2,28	252,60	0,59 (5,37)	10,15 (92,16)
Csv2	0,09 (0,65)	0,12 (0,90)	0,89	316,11	0,27 (2,07)	12,79 (96,38)
Conv1	0,11 (0,83)	0,08 (0,61)	0,46	238,12	0,11 (0,86)	12,56 (97,70)
Conv2	0,09 (0,83)	0,15 (1,56)	1,36	231,09	0,31 (3,11)	9,33 (94,50)

Mata, Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2). Valores entre parênteses correspondem à porcentagem da variável analisada, em relação ao carbono orgânico total (COT).

4 CONCLUSÕES

O manejo conservacionista promove perdas inferiores de água, solo, C e N em relação ao manejo convencional, devido à maior presença de cobertura vegetal sobre o solo.

Perdas de solo e água via erosão hídrica, em regiões de relevo forte ondulado a montanhoso, no bioma Mata Atlântica, estão relacionadas com a distribuição temporal e a quantidade de chuva.

Os sistemas conservacionistas e convencionais apresentaram, em relação à Mata, reduções médias nos teores de COT em 33,3 e 42,0 %, na profundidade 0-10 cm, respectivamente. Nesta mesma profundidade, para o NT, as reduções médias, em relação à Mata foram de 18,4% para os sistemas conservacionistas e 43,1% para os convencionais.

5 AGRADECIMENTOS

Aos agricultores familiares do Território do Caparaó, pela participação no trabalho e à Fapes (Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo), pelo apoio financeiro. Aos colegas André Thomazini e Humberto Carlos Almeida de Azevedo, pela ajuda na seleção das áreas estudadas.

6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. de et al. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. **Agroforest Systems**, São Paulo, v. 79, p. 277-289, 2010.
- AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2145-2155, 2008.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a hand book of methods**. Wallingford: CAB International, 1989. 171 p.
- AZEVEDO, H. C. et al. Perdas de solo, água e nutrientes sob diferentes sistemas de cultivo no sul capixaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Resumos Expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 2011. v. 1, p. 12-16.
- BAGATINI, T. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 999-1011, 2011.
- BARROS, L. S. et al. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 447-454, 2009.
- BENITES, V. M. et al. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 685-690, 2010.
- BERTOL, I. et al. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1421-1430, 2011.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- CARVALHO, R. et al. 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, nov./dez. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FAVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.
- FERREIRA, A. O. et al. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 182-190, 2010.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR software**. Versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2007. Software.
- FRANCO, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.
- GLAESER, D. F. et al. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrária e da Saúde**, Valinhos, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006:** agricultura familiar: primeiros resultados. Rio de Janeiro, 2009. 267 p. 1 CD-ROM.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility Soils**, Vienna, v. 27, p. 408-416, 1998.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 135 p.
- NUNES, L. A. P. L. et al. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2467-2474, 2009.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. et al. Indicadores químicos de qualidade da matéria orgânica de solo da sub-bacia do rio das mortes sob manejos diferenciais de cafeeiros. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1733-1737, 2008.
- PALÁCIO, H. A. Q. et al. Uso da terra e resposta hidrossedimentológica de microbacia no semiárido. **Revista Agro@mbiente On-Line**, Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 187-194, 2012.
- PAULA, M. et al. Desgaste superficial do solo em cafeicultura capixaba de montanha em função do manejo da vegetação espontânea. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 90-104, 2013.
- PEREZ, A. M. et al. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, João Pessoa, v. 25, n. 1, p. 25-36, 2004.
- PROCHNOW, D. et al. Razão de perdas de terra e fator c da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 91-98, 2005.
- RANGEL, O. J. P. et al. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1341-1353, 2007.
- _____. Frações oxidáveis do carbono orgânico do Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 429-437, 2008.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?: implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.
- SOUZA, R. F. de; MADEIRA, N. R.; FIGUEIREDO, C. C. de. Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 1, p. 38-50, 2014.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C.; MENDONÇA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 7, p. 150-159, 2012.
- VOLK, L. B. S. et al. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 763-774, 2004.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 1467-1476, 1988.