

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E OXIDÁVEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES^{2*}, MARCOS GERVASIO PEREIRA³,
ANDRÉ GERALDO LIMA DE MORAES⁴, SIDINEI JULIO BEUTLER⁴

RESUMO – Os sistemas de colheita da cana-de-açúcar podem causar alterações na fertilidade, na quantidade e qualidade da matéria orgânica e no seu grau de oxidação, alterando os estoques de carbono do solo. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar a produção de biomassa seca (BS), fertilidade do solo, o conteúdo de carbono orgânico total (COT), o carbono das frações granulométricas (carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam)) e das frações oxidáveis da matéria orgânica (F1, F2, F3, F4 e F1/F4) sob colheita manual (CMA) e mecanizada (CME) da cana-de-açúcar. A amostragem para produção de biomassa foi realizada em área de 1 m² em quatro pontos ao acaso por parcela, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. A produção média anual de biomassa seca na área de CME foi 17 vezes superior quando comparada à área de CMA; os valores de pH e fósforo foram inferiores significativamente nas maiores profundidades na área de CMA, quando comparada com a de CME; o sistema de colheita de CME causou aumentos significativos nos teores de COT, COp e COam na profundidade de 0,00-0,05 m quando comparado ao sistema de CMA; não ocorreram diferenças significativas nas frações oxidáveis (F1, F2, F3 e F4) do carbono orgânico entre as áreas de CMA e CME.

Palavras-chave: Colheita mecanizada. Biomassa. Carbono orgânico total. Cerrado.

GRANULOMETRIC FRACTIONS AND OXIDIZABLE ORGANIC MATTER IN SUGAR CANE HARVEST SYSTEMS

ABSTRACT – The systems of harvesting sugar cane can cause changes in fertility, quantity and quality of organic matter and the degree of oxidation, altering soil carbon stocks. Given this context, the objective was to evaluate the production of dry biomass (DB), soil fertility, the content of total organic carbon (TOC), the carbon in particle size fractions (particulate organic carbon (COp) and organic carbon associated with minerals (COam)) and oxidizable organic matter fractions (F1, F2, F3, F4 and F1 / F4) in manual harvesting (CMA) and mechanized (CME) of sugar cane. The sampling for biomass production was conducted in area of 1 m² at four points per plot, soil samples were collected at depths of 0.00-0.05; 0.05-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m. The average annual production of dry biomass in the area CME was 17 times higher when compared to the area of CMA; The pH and phosphorus content was significantly lower in the larger depths area CMA when compared with that of Cme; the harvesting system caused significant CME in TOC, COp and COam depth 0.00-0.05 m increases when compared to the CMA system; There were not significant differences in the oxidizable fractions (F1, F2, F3 and F4) of the organic carbon in the areas of CMA and CME.

Keywords: Mechanized harvesting. Biomass. Total organic carbon. Savannah.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 09/07/2012; aceito em 26/09/2014.

Projeto financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

²Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) campus Uberaba -MG, Av. João Batista Ribeiro, 4000, CEP 38064-790, Uberaba-MG. Prof. Doutor em Produção Vegetal, Pós-Doc em Ciência do Solo, jlrtorres@iftm.edu.br.

³Professor Doutor em Ciência do Departamento de Solos da UFRRJ, BR 465 km 7, Seropédica-RJ. CEP: 23890-000, Seropédica-RJ, Bol-sista de Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq, gervasio@ufrj.br.

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando no CPGA-CS da UFRRJ, andrehmuz@hotmail.com, s.parana@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de açúcar e álcool provenientes da cana-de-açúcar. Minas Gerais ocupa a segunda posição no cenário nacional (IBGE, 2012), tendo 70% da sua produção concentrada no Triângulo Mineiro. (CAMPOS FILHO; SANTOS, 2007).

As técnicas de manejo da cultura da cana utilizam um vigoroso revolvimento do solo por ocasião do preparo e plantio. Esse manejo, quando associado ao sistema de colheita, causa alterações nas propriedades físicas, químicas e nos níveis de matéria orgânica do solo (MOS) (VASCONCELOS et al., 2010). Contudo, sistemas de manejo sem revolvimento ou queima proporcionam maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, favorecendo o aumento do teor de carbono orgânico total (COT) nas camadas superficiais (HICKMANN et al., 2012).

Na colheita manual é realizada a queima do canavial, com isso a adição de resíduos na superfície do solo é mínima, provocando acentuada redução nos estoques de MOS. No sistema de colheita mecânica, é deixada uma cobertura de palha, com aportes estimados entre 10 a 20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (SOUZA et al., 2005; LUCA et al., 2008). Resende et al. (2006) destacam que no aporte de 10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de palha, são adicionados cerca de 4,5 Mg ha⁻¹ de carbono e de 0,04-0,06 Mg ha⁻¹ de nitrogênio ao solo.

Esta palha é decomposta, sendo que esta transformação ocorre de forma acelerada quando a palhada é enterrada e de forma mais lenta quando depositada sobre a superfície do solo (SANTANA et al., 2011). A deposição e a manutenção desta palhada sobre a superfície do solo podem causar alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (MOS), no seu grau de oxidação e labilidade, alterando o COT do solo (LOSS et al., 2011).

Dentre as características do solo que são capazes de detectar as alterações na sua qualidade em função do manejo, o COT ou a MOS são de grande importância, por demonstrarem sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo (CORREIA; ALLEONI, 2011). Entretanto, alguns estudos têm mostrado que o COT é pouco sensível para detectar mudanças químicas de curto prazo na MOS, em função de diferentes manejos (SOUZA et al., 2010).

Dentre os componentes da MOS que podem ser considerados como bons indicadores de sua qualidade, estão o carbono da fração leve, o carbono lábil e o carbono da matéria orgânica particulada (COP), oriunda das frações granulométricas (LOSS et al., 2009). Através do fracionamento granulométrico da MOS pode-se quantificar o COP e o carbono orgânico associado ao mineral (COam) (CAMPARDELLA; ELLIOTT, 1992), que são frações eficientes para identificar mudanças decorrentes de práticas de manejo do solo ou da substituição de áreas naturais por cultivos agrícolas.

O carbono oxidável pode ser obtido por meio de diferentes concentrações de ácido sulfúrico (H₂SO₄), denominadas de frações F1, F2, F3 e F4, correspondendo às concentrações de 3; 6; 9 e 12 mol L⁻¹ de H₂SO₄ (OATES et al., 2001), respectivamente. As frações F1 e F2 estão associadas com a disponibilidade de nutrientes e com a formação de macro-agregados, enquanto que F3 e F4 aos compostos de maior estabilidade química e massa molar, oriundos da decomposição e humificação da MOS (RANGEL et al., 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de biomassa seca (BS), fertilidade do solo, o conteúdo de carbono orgânico total (COT), o carbono das frações granulométricas e das frações oxidáveis da matéria orgânica sob colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Campo Florido-MG, que está localizado entre as coordenadas: 19°45'34''S e 48°34'19''W, com altitude média de 570 m de altitude, numa área da Usina produtora de cana de açúcar da região, após terceiro corte no ano de 2010.

O clima da região é classificado como Cwa, ou seja, tropical quente, segundo Koppen, apresentando inverno frio e seco, com verão quente e chuvoso. O regime pluviométrico caracteriza-se por ter um período chuvoso entre os meses de janeiro a abril e outro com estação de seca de maio a setembro, com precipitação média anual de 1.405 mm. A temperatura média anual é de 28,0°C, com a máxima de 39°C e a mínima de 17°C, apresentando os meses de agosto a dezembro que são mais quentes e de maio a julho os mais frios (VALLE JUNIOR et al., 2011).

Na região predomina o Latossolo Vermelho Distrófico, de baixa fertilidade, com alto índice de acidez e de saturação de alumínio (EMBRAPA, 2006), com textura franco-argilo-arenosa, apresentando na camada de 0,0-0,20 m, 180 g kg⁻¹ de argila, 770 g kg⁻¹ de areia e 50 g kg⁻¹ de silte em ambas as áreas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com dois tratamentos: colheita manual (CMA) e colheita mecânica (CME) em áreas com três cortes de cana-de-açúcar, quatro profundidades (0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), com cinco repetições. Cada parcela foi composta de 10 linhas de cana, cultivadas em espaçamento de 1,50 m entre linhas, com 50 metros de comprimento (15 x 50 m), perfazendo um total de 750m².

A cana-de-açúcar foi implantada nesta área no ano de 2007 e o primeiro corte foi feito aproximadamente 21 meses depois. As duas áreas avaliadas são separadas por uma estrada de acesso. Os sistemas de colheita utilizados na cana-de-açúcar foram com queima e corte manual (CMA), sem queima e corte

mecanizado (CMe) com colhedora (John Deere 3520) seguida de transbordo, em terceiro corte, feitos anualmente entre os dias 15 e 20 de dezembro, sendo que a amostragem foi realizada uma semana após o feito o terceiro corte.

Na cana soca, em ambas as áreas onde foi conduzido o estudo, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e o equivalente a 90 kg ha⁻¹ de K₂O através da aplicação de vinhaça via irrigação, por ciclo da cultura.

Nas parcelas experimentais foi avaliada a produção de biomassa seca (BS) na superfície do solo. A amostragem foi realizada em quatro pontos ao acaso por parcela, utilizando um quadrado metálico de 1 m² de área lançado aleatoriamente e coletado todo material contido na área delimitada. O material vegetal foi levado ao laboratório, colocado em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, pesado posteriormente e os resultados expressos em Mg ha⁻¹.

As amostras para avaliação dos atributos químicos do solo foram realizadas nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m, coletadas no mês de dezembro de 2010, uma semana após o corte da cana em ambas as áreas. As análises foram realizadas de acordo com Embrapa (1997).

O carbono orgânico total (COT) foi quantificado segundo Yeomans e Bremner (1988) nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10 m. Para o fracionamento granulométrico da matéria orgânica foi utilizado o método granulométrico proposto por Cambardella e Elliot (1992). Aproximadamente 20 g de solo e 70 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) sendo agitadas durante 15 horas em agitador horizontal. A seguir, a suspensão foi passada em peneira de 53 µm com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COP) associado à fração areia, foi seco em estufa a 60°C, quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono orgânico total (COT). O estoque de carbono na matéria orgânica associada aos minerais (COam) foi calculado pela diferença entre o COT e a COP (>53 µm).

O fracionamento do carbono foi realizado por graus de oxidação (OATES et al., 2001) e produziu quatro frações, com graus decrescentes de oxidação: Fração F1: C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄; Fração F2: diferença entre o C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 6 e 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄; Fração F3: diferença entre o C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 9 e 6 mol L⁻¹ de H₂SO₄; Fração F4: diferença entre o C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 12 e 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄.

Os resultados encontrados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados através dos testes de Lilliefors, Cochran e Bartlett, respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SISVAR, aplicando-se o teste F

para significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a produção de biomassa seca (BS) observou-se que o aporte de resíduos vegetais na superfície do solo na área de colheita mecanizada foi de 24,7 Mg ha⁻¹, sendo aproximadamente 17 vezes superior ao quantificado na área de colheita manual (1,4 Mg ha⁻¹) após três cortes (Figura 1), ou seja, ocorreu o aporte 8,2 e 0,47 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de resíduos vegetais sobre a superfície do solo para as áreas avaliadas, respectivamente.

Os valores obtidos para produção de biomassa na cana crua (8,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) foram inferiores aos 10,0 Mg ha⁻¹ obtidos por Resende et al. (2006), 13,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ por Luca et al. (2008), aos 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ observado por Souza et al. (2005) e da faixa entre 10 a 20 Mg ha⁻¹ estimada por Vitti et al. (2007), enquanto que na área de colheita manual, Souza et al. (2005) observaram aporte de 3,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na região de Jaboticabal-SP. Esta menor produção de biomassa obtida neste estudo pode ser justificada pela avaliação ter sido realizada no terceiro corte da cana, pois sabe-se que a produção de biomassa é maior no primeiro corte e decaem à medida que outros cortes são realizados. Na região o canavial é renovado, em média, após sete cortes.

Analisando a tabela 1 observa-se que para os valores de pH e fósforo ocorreram diferenças significativas somente na área de colheita manual, comparando-se as profundidades, sendo que os menores valores ocorreram nas camadas mais profundas.

Os valores de pH próximos de 6,0 em nas camadas até 0,20 m podem ser justificados pela baixa mobilidade do calcário que foi utilizado para correção do solo no momento do seu preparo, pelo cultivo da área há quatro anos com cana, pois a amostragem foi feita após o terceiro corte da cana.

Além disso, estes valores estão relacionados aos teores de Ca e Mg elevados e Al baixo em todas as profundidades avaliadas, sendo os maiores valores de Ca e Al observados nas camadas mais superficiais e Mg em profundidade na área de colheita mecanizada, enquanto que os teores de Mg e Al são maiores superficialmente (0,0-0,5 m) e Ca em profundidade (0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-40 m) na área de colheita manual.

Este padrão é decorrente do uso de calcário nas áreas cultivadas com cana para correção da acidez, no momento de preparo da área que antecede o plantio, que é incorporado profundamente e que supre o solo com estes elementos (Ca e Mg), que somados ao elevado aporte de material orgânico na superfície do solo na área de colheita mecanizada e as cinzas deixadas na superfície após a queima que ocorre antes da colheita manual, influem no processo de ciclagem de nutrientes, limitando-os as camadas

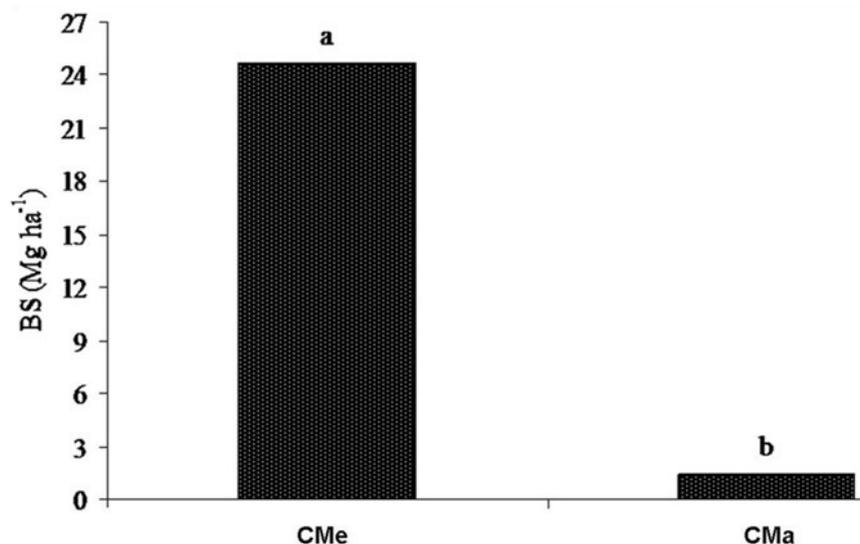


Figura 1. Produção de biomassa seca (BS) nas duas áreas avaliadas sob colheita manual (CMa) e mecanizada (CMe), após três cortes, em Campo Florido-MG, em 2010.

Tabela 1. Caracterização química dos solos das áreas sob colheita manual (CMa) e colheita mecânica (CMe) no ano de 2010, no município de Campo Florido-MG.

Sistema	Caracterização química do solo						
	pH	Ca	Mg	Al	H	K	P
cmol _c kg ⁻¹						mg kg ⁻¹
	0,00 - 0,05 m						
CMe	6,00 aA	1,33 aA	1,33 aA	0,03 aA	4,53 aA	1,17 aA	4,04 aA
CMa	5,70 aB	0,67 aA	1,67 aA	0,20 aA	4,33 aC	0,08 aA	3,38 aA
	0,05 - 0,10 m						
CMe	6,00 aA	1,00 aA	1,67 aA	0,10 aA	4,53 aA	0,10 aA	3,28 aA
CMa	6,00 aB	1,33 aA	1,00 aA	0,17 aA	4,60 aB	0,09 aA	2,13 aA
	0,10 - 0,20 m						
CMe	6,02 aA	0,67 aA	1,67 aA	0,13 aA	4,47 aA	0,11 aA	1,27 aB
CMa	6,33 aA	1,33 aA	0,67 aA	0,13 aA	4,87 bA	0,09 aA	1,10 aB
	0,20 - 0,40 m						
CMe	5,44 aA	0,33 aA	0,67 aA	0,23 aA	4,57 aA	0,14 aA	1,92 aB
CMa	5,33 aC	0,67 aA	0,67 aA	0,13 aA	4,73 aB	0,07 aA	0,91 aB
F	4,30 *	0,89 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,76 ^{ns}	2,14 *	5,07 ^{ns}	12,71 *
CV (%)	6,84	20,83	21,42	4,71	1,86	2,18	12,72

^{ns} Não significativo e * Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna comparam tratamentos e maiúsculas na coluna comparam as profundidades para o mesmo tratamento e não diferem entre si (Tukey, p<0,05). Os valores de Ca, Mg, Al, K, P e H foram ajustados utilizando a fórmula (x+1)^{0,5} para atender os critérios de normalidade e homogeneidade.

superficiais.

Alguns estudos comprovaram as alterações positivas proporcionadas a fertilidade do solo pela deposição e ciclagem de nutrientes na área de colheita mecanizada (RESENDE et al., 2006; LUCA et al., 2008; LOSS et al., 2011). Ferreira et al. (2012) observaram que a aplicação das cinzas provenientes do bagaço da cana num Latossolo Vermelho no Cerrado resultou na melhoria significativa dos teores de K, Mg, saturação por bases, elevação do pH e redução da acidez total (H+Al).

Após cada corte realizado, na rebrota da cana grande parte dos nutrientes existentes nas profundidades avaliadas são utilizados para a formação de novas touceiras, ficando as camadas subsuperficiais com valores mais elevados de alumínio (Al) e hidrogênio (H), contudo, na área de CMe isto não aconte-

ceu para Al e H, pois não ocorreram diferenças significativas entre os valores observados, enquanto que na área de CMa ocorreu maior teor de H na profundidade de 0,10-0,20 m.

Essas variações podem ser justificadas pelo desenvolvimento radicular da cana que tem cerca de 75% concentradas até 0,40 m de profundidade, com uma densa distribuição lateral até 0,20 m da linha de plantio (ALVAREZ et al., 2000), que retiraram do solo somente os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta.

Com relação ao fósforo, os maiores valores observados na superfície (Tabela 1) são justificados pela adubação no plantio e em cobertura que são realizadas superficialmente e pela baixa mobilidade deste nutriente no solo. Os elevados valores de K em todas as profundidades, nas áreas de cana crua e cana

queimada, podem ser justificados pela sua alta mobilidade no solo e por ser rapidamente liberado no processo de decomposição da palha da cultura (COLONEGO et al., 2005), pela aplicação de quantidades elevadas de vinhaça que são aplicadas no canavial durante o período de rebrota das soqueiras e por meio das cinzas resultantes da queima da palha (CORREIA; ALLEONI, 2011).

Os teores de carbono orgânico total (COT) foram significativamente superiores na área de cana

crua quando comparados com a área de cana queimada, sem que ocorressem diferenças entre as profundidades avaliadas (Tabela 2). Este padrão é justificado pela deposição de matéria orgânica nestes locais, que ocorreu na faixa de 8,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,47 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de resíduos na colheita de cana crua e cana queimada, respectivamente.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico total (COT) do solo encontrados nos diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar em Campo Florido-MG, no ano de 2010.

Profundidadem.....	COT g kg ⁻¹	
	CC	CQ
0,00 - 0,05	6,73 aA	5,87 bA
0,05 - 0,10	6,28 aA	4,93 bB
F	9,46 *	
CV (%)	5,73	

* = Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha comparam tratamentos e maiúsculas na coluna comparam as profundidades e não diferem entre si (Tukey, p<0,05). CC = Cana crua e CQ = cana queimada

Comparando áreas de cana com e sem queima numa área após cinco cortes, Correia e Alleoni (2011) observaram que os maiores teores de COT ocorreram nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m em ambas as áreas e atribuem este padrão a adição e distribuição da palha, raízes, da liberação de exsudatos radiculares e de lavagens de constituintes solúveis da planta pelas chuvas.

Brancalião e Moraes (2008) observaram que o aporte de carbono em solos tropicais geralmente ocorre superficialmente, sendo este influenciado pela melhor distribuição de chuvas, manutenção da cobertura do solo e adequado manejo. Rossi et al. (2012) destacam que em sistemas de manejo onde ocorre o maior aporte de biomassa na superfície do solo, o acúmulo de carbono ocorre preferencialmente na matéria orgânica particulada (MOP), a qual é mais sensível, quando comparada ao COT, com relação às alterações no manejo do solo.

Com relação à área de cana queimada, foram verificadas diferenças significativas entre as profundidades avaliadas, observando-se maiores valores na camada superficial, sendo estes atribuídos ao pequeno aporte de resíduos nesta camada (Figura 1). Loss

et al. (2009) destacam que os maiores teores de COT encontrados nas camadas superficiais do solo em áreas onde ocorrem maiores aportes de resíduos vegetais, se deve ao uso de cobertura morta e da ausência de revolvimento do solo, pois nestas áreas ocorre à manutenção da umidade e diminuição da temperatura do solo na camada superficial, o que reduz a mineralização da MOS.

Analisando os teores de COp, pode-se observar que ocorreram diferenças significativas entre tratamentos (CC e CQ) e entre as profundidades na área de cana queimada (Tabela 3). Isto se deve principalmente ao material aportado na superfície do solo, que é composto de pequenas quantidades de resíduos vegetais e de cinzas, enquanto na cana crua ocorrem grandes aportes de material vegetal. Segundo Blair et al. (1998) o COp é composto por hifas de fungos, raízes e resíduos animais e vegetais, que corresponde à fração lábil da matéria orgânica e é muito sensível às mudanças decorrentes das práticas de manejo do solo e a redução do teor da COp em virtude do cultivo faz com que os microrganismos utilizem compostos orgânicos associados às superfícies das frações silte e argila, resultando em decrés-

Tabela 3. Carbono orgânico particulado (COp) e na amostra mineral (COam) da matéria orgânica do solo (MOS) das áreas sob colheita manual (CMA) e colheita mecânica (CMe) no município de Campo Florido-MG, no ano de 2010.

Profundidadesm.....	Frações granulométricas da MOS g kg ⁻¹			
	COp		Coam	
	CMe	CMA	CMe	CMA
0,00 - 0,05	1,89 aA	1,79 bA	4,84 aA	3,88 bA
0,05 - 0,10	1,23 aA	0,61 aB	5,06 aA	4,33 aA
F	25,31 *		9,42 *	
CV (%)	24,50		10,55	

* = Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha comparam tratamentos e maiúsculas na coluna comparam as profundidades e não diferem entre si (Tukey, p<0,05).

cimo da COam.

Em áreas sob semeadura direta com elevada deposição de palha na superfície, Carmo et al. (2012) observaram que ocorre aumento dos estoques de COT e COam e redução na fração COp. Figueiredo, Resck e Carneiro (2010) verificaram que na substituição da vegetação de cerrado por lavouras, as alterações ocorreram na COp e que existe uma correlação negativa entre COp e COam, pois para ocorrer maiores teores de COam no solo é necessário diminuir os teores de COp. Carvalho et al. (2006) observaram numa área cultivada com cana por 25 anos colhida manualmente, que houve redução do teor de COT em até 67% nos teores de COp na camada de 0,00-0,20 m, em relação ao solo da mata nativa e que ocorreu menor redução desses atributos no solo quando estes recebem vinhaça, já que sua aplicação por longo tempo pode contribuir para a manutenção

da COam.

Quanto aos valores de COam observaram-se diferenças significativas na camada mais superficial (0,00-0,05m) entre as áreas avaliadas, sendo que a diferença nos resultados se deve aos maiores valores de COT nas camadas superficiais, que decrescem na profundidade de 0,05-0,10 m. Cambardella e Elliott (1992) destacam que a COam é a fração estável da matéria orgânica do solo, composta principalmente por substâncias húmicas com forte interação com as frações silte e argila e exercem papel significativo na estabilização dos microagregados do solo.

Com relação às frações oxidáveis COT não foram verificadas diferenças significativas entre as áreas e profundidades, sendo os valores foram semelhantes para todas as frações (F1, F2, F3 e F4) (Tabela 4). Esta igualdade de valores observada entre as frações pode ser justificada pelo curto período de

Tabela 4. Frações oxidáveis de carbono orgânico nos diferentes sistemas de uso do solo das áreas sob colheita manual (CMa) e colheita mecânica (CMe) no município de Campo Florido-MG, no ano de 2010.

Frações oxidáveis	Sistemas de colheita	Profundidades avaliadas		F	CV
		0,00 - 0,05	0,05 - 0,10		
	 g kg ⁻¹		%	
F1	CMe	0,12 aA	0,12 aA	0,75 ^{ns}	0,89
	CMa	0,13 aA	0,13 aA		
F2	CMe	0,10 aA	0,15 aA	4,87 ^{ns}	2,13
	CMa	0,07 aA	0,06 aA		
F3	CMe	0,15 aA	0,08 aA	1,56 ^{ns}	3,02
	CMa	0,10 aA	0,09 aA		
F4	CMe	0,09 aA	0,09 aA	0,64 ^{ns}	3,20
	CMa	0,05 aA	0,05 aA		
F1/F4	CMe	0,68 aA	0,70 aA	0,73 ^{ns}	4,42
	CMa	0,59 aA	0,75 aA		

^{ns} = Não significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna comparam tratamentos e maiúsculas na linha comparam as profundidades e não diferem entre si (Tukey, p<0,05). Todos os valores obtidos foram ajustados utilizando a fórmula: (x+1)^{0,5} para atender os critérios de normalidade e homogeneidade para análise estatística.

implantação do canavial nestas áreas.

A fração F1 é a que apresenta maior labilidade no solo e altamente correlacionada com a fração leve livre da MOS (Loss et al., 2009), enquanto que as frações F3 e F4 estão relacionadas com compostos provenientes da decomposição e humificação da MOS, sendo a fração F4 a mais resistente no solo nos modelos de simulação da MOS, com tempo de reciclagem de até 2.000 anos (Chan et al., 2001; Rangel et al., 2008).

Avaliando áreas com diferentes coberturas, Guareschi et al. (2013) observaram que o aumento das frações F1 e F2 ocorrem em função do tempo de implantação e manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, bem como as semelhanças observadas entre áreas de 15 e 20 anos em plantio direto e Cerrado nativo, quando comparadas às áreas de pastagem e sob plantio direto há 3 anos, ocorrem devido ao constante aporte de resíduos vegetais em diferentes quantidades e qualidades na superfície do solo, que com o passar do tempo promove modificações no conteúdo e na qualidade da MOS.

CONCLUSÕES

A produção média anual de biomassa seca na área de colheita mecanizada foi de aproximadamente 17 vezes superiores quando comparada à área de colheita manual;

Os valores de pH e fósforo foram inferiores significativamente nas maiores profundidades na área de cana queimada, quando comparada com a de cana crua;

O sistema de colheita de cana crua aumentou significativamente os teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam) na profundidade de 0,00-0,05 m quando comparado ao sistema de colheita de cana queimada;

Não foram constatadas diferenças significativas nas frações oxidáveis (F1, F2, F3 e F4) do carbono orgânico entre as áreas de cana crua e queimada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Instituto Federal do Triângulo Mineiro campus Uberaba pela infraestrutura disponibilizada, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do estudo e ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa aos estudantes.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C.; NOGUEIRA, M. C. S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 653-659, 2000.

BLAIR, G. J. et al. Soil carbon changes resulting from trash management at two locations in Queensland, Australia and in North-east Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 6, n. 4, p. 873-882, 1998.

BRANCALIANO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 393-404, 2008.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 56, n. 2, p. 777-783, 1992.

CAMPOS FILHO, M. F. C.; SANTOS, M.; Setor Sucroalcooleiro em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 7-11, 2007.

CARMO, et al. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 420-431, 2012.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture ley. **Soil Science**, Baltimore, v. 166, p. 61-67, 2001.

COLONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 99-108, 2005.

CORREIA, B. L.; ALLEONI, L. R. F. Conteúdo de carbono e atributos químicos de Latossolo sob cana-de-açúcar colhida com e sem queima. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 944-952, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de Métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciências Agrônomicas**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 228-236, 2012.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Frações lábeis e estáveis da matéria orgânica do solo sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 907-916, 2010.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista Ciências Agrônomicas**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 242-250, 2013.

HICKMANN, C. et al. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 128-136, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO de GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatística de produção agrícola**. Março/2012, 80p. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_2012.pdf>. Acesso em: 08 set. 2012.

LOSS, A. et al. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 78-83, 2009.

LOSS, A. et al. Oxidizable organic carbon fractions and soil aggregation in areas under different organic production systems in Rio de Janeiro, Brazil. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Mérida, v. 14, p. 699-708, 2011.

LUCA, E. F. et al. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima do canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 789-800, 2008.

RANGEL, O. J. P. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com café em

diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agro- tecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008. 1476, 1988.

RESENDE, A. S. et al. Long-term effects of preharvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant and Soil**, Bethlehem, v. 281, n. 1-2, p. 339-351, 2006.

ROSSI, C. Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

SANTANA, J. A. S. et al. Decomposição da biomassa foliar de cana-de-açúcar em um Neossolo na região de Areia-PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 28-32, 2011.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 579-585, 2006.

SOUZA, Z. M. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.

VALLE JUNIOR, R. F. et al. Diagnóstico das áreas de ocupação nas microbacias do Córrego da Mata e Córrego São Francisco, Campo Florido-MG, utilizando tecnologia SIG. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

VASCONCELOS, R. F. B. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 309-316, 2010.

VITTI, A. C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007.

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-