

FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO APÓS SISTEMAS DE MANEJO NO INVERNO

Tatiane Ohland^{1*}, Maria do Carmo Lana¹, Jucenei Fernando Frandoloso¹

SAP 20945 Data envio: 30/10/2018 Data do aceite: 17/12/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 1, jan./mar., p. 53-64, 2019

RESUMO - O estudo das frações húmicas auxilia na elaboração de estratégias de manejo do solo, priorizando a adoção de sistemas que melhorem a qualidade do solo. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho verificar alterações nas frações químicas da matéria orgânica do solo (MOS) sob diferentes cultivos de inverno e fontes de fertilizantes. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em 2015 e 2016. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em parcelas subdivididas, contendo quatro repetições. Na safra de verão, todas as parcelas foram cultivadas com soja. No período de inverno, as parcelas receberam as culturas de aveia preta, crotalária, milho, milho + braquiária e trigo. Nas subparcelas foram aplicadas três fontes de fertilizantes (orgânico, organomineral e mineral). Os teores de carbono (C) nas frações químicas da matéria orgânica do solo (MOS) apresentaram alterações em relação aos cultivos de inverno, sendo pouco influenciados pelas fontes de fertilizantes. As frações ácido fúlvico (AF) e ácido húmico (AH) foram sensíveis aos cultivos de inverno, com redução dos teores de 2015 para 2016. A fração humina, foi pouca influenciada pelo manejo de inverno. O manejo soja/crotalária proporciona redução dos teores de C das frações AH e AF, o que pode prejudicar aspectos relacionados à fertilidade e a longo prazo, afetar a qualidade do solo. As fontes orgânicas e organominerais incrementaram as frações químicas da matéria orgânica na camada superficial do solo e a fonte mineral incrementou as frações em profundidades acima de 0,20 m.

Palavras-chave: carbono orgânico do solo, fontes de fertilizantes, plantas de cobertura, substâncias húmicas.

CHEMICAL FRACTIONS OF SOIL ORGANIC MATTER AFTER MANAGEMENT SYSTEMS IN WINTER

ABSTRACT - The study of humic fractions assists in the elaboration of soil management strategies, prioritizing the adoption of systems that improve soil quality. The aim this research was to verify changes in the chemical fractions of soil organic matter (SOM) under different winter crops and fertilizer sources. The soil samples were collected at 0.00-0.05; 0.05-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m depths, in 2015 and 2016. A randomized complete block design was used in a split-plot scheme with four replications. In the summer crop all plots were cultivated with soybean. In the winter period, the plots received the crops of black oats, *Crotalaria spectabilis*, corn, corn + *Brachiaria ruziziensis* and wheat. In the subplots, three fertilizer sources were applied (organic, organomineral and mineral). The contents of carbon (C) in chemical fractions of soil organic matter (SOM) presented changes in relation to the winter crops, being little influenced by fertilizer sources. The fuvic acid (FA) and humic acid (HA) fractions were sensitive to the winter crops, with reduction in the contents from 2015 to 2016. The humin fraction was little influenced by winter management. Soybean/*Crotalaria spectabilis* management reduces the C contents of HA and FA fractions, which can affect aspects related to fertility and in the long term affect soil quality. Organic and organomineral sources increased the chemical fractions of organic matter in the surface layer of the soil and the mineral source increased the fractions in depths above 0.20 m.

Keywords: soil organic carbon, fertilizer sources, cover crops, humic substances.

INTRODUÇÃO

A conversão de áreas nativas em agricultáveis é normalmente acompanhada pelo declínio dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) e degradação da estrutura do solo (BEZERRA et al., 2013). Apesar da MOS aumentar em sistema de plantio direto e apresentar elevado aporte de resíduos na superfície do solo, deve-se considerar que este aumento também depende de fatores como clima, temperatura, precipitação, textura e mineralogia do solo (ALVAREZ; LAVADO, 1998).

As substâncias húmicas presentes na MOS contribuem com cerca de 85 a 90% do carbono orgânico total (COT) dos solos minerais (SILVA; MENDONÇA, 2007) e são classificadas em humina (HUM), ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) (PINHEIRO et al., 2003). A quantificação do teor de carbono (C) presente nas substâncias húmicas é uma forma de avaliação da qualidade da MOS (CUNHA et al., 2000), principalmente em situações onde não é possível identificar o impacto do manejo do solo somente com análise da variação dos teores de COT (BARRETO et al., 2011).

¹Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: tatiانهland@hotmail.com, maria.c.lana@hotmail.com, juceneiff@hotmail.com. *Autora para correspondência.

A HUM é a fração do C que está mais intimamente associada aos coloides minerais do solo, estando aleatoriamente distribuída nos perfis (CANELLAS et al., 2000). A predominância da fração HUM, em relação às demais SHs, deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo, conferindo resistência à degradação microbiana (STEVENSON, 1994). Ainda em termos de sequestro de C, a HUM deve ser considerada a fração mais significativa como reserva de COT (FERREIRA et al., 2004).

No solo, os AH são responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos culturais (BENITES et al., 2003). Os AF, são constituídos por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos, que são mais reativos do que as outras duas frações pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos. Esta fração humificada é considerada de menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo (STEVENSON, 1994; SILVA; MENDONÇA, 2007).

A avaliação da dinâmica da MOS em sistemas de produção, por meio do fracionamento químico, auxilia no estabelecimento de estratégias de recomendação de uso e de manejo que garantam incremento no conteúdo de MOS, beneficiando as suas frações, reduzindo o impacto da agricultura sobre o ambiente, através do conhecimento do potencial de captura e armazenamento de C nos sistemas, contribuindo assim, para a qualidade do solo ao longo do tempo (LOSS et al., 2011; ROSSI et al., 2011).

A região oeste do Paraná tem se destacado pelo seu potencial agrícola, principalmente pelas características edafoclimáticas, com predomínio do cultivo em sucessão soja (verão) e milho/trigo (inverno) em semeadura direta. No entanto, a utilização de plantas de cobertura no inverno, pode ser uma alternativa para aumentar o teor de MOS e os estoques de C no solo. Porém, trabalhos de médio e longo prazo são importantes para uma compreensão mais abrangente e consistente do tema.

Em Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo, Pinheiro et al. (2003)

analisaram a MOS e observaram que a fração HUM correspondeu a maior parte do COT, apresentando teores mais elevados em áreas de gramíneas com capim colônio, na profundidade de 0,00-0,05 m. As frações AH e AF não apresentaram alterações significativas nos teores de C entre os sistemas de manejo empregados.

Bertechini (2017) verificou que os teores de C nas frações húmicas do solo foram influenciados pela utilização de diferentes fontes de fertilizantes em sucessão milho-soja em solos do Cerrado piauiense, com incremento na fração AH em tratamentos que receberam o fertilizante organomineral em comparação com o fertilizante NPK com substâncias húmicas. Assim, a utilização de sistemas de manejo que promovam aportes de biomassa vegetal e a aplicação de fontes de fertilizante podem promover alterações nas frações da MOS.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho verificar alterações nas frações químicas da matéria orgânica do solo, sob cultivos de inverno e fontes de fertilizantes em sistemas de produção de grãos, na região oeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Centro de Pesquisa Agrícola da Cooperativa Agroindustrial Consolata (CPA Copacol), em Cafelândia (PR), sob coordenadas geográficas de 24°37'18" S de latitude e 53°18'20" W de longitude, a 580 m de altitude. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (SANTOS et al., 2013), com 720 g kg⁻¹ de argila, 150 g kg⁻¹ de silte e 130 g kg⁻¹ de areia.

A área de condução do experimento apresentava-se sob sistema de plantio direto em sucessão soja-milho há três anos. Antes da implantação, realizou-se a aplicação de 2 mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80%). A condução do experimento teve início em outubro de 2013 e término em setembro 2016, totalizando seis cultivos e duas coletas de solo (em 2015 e 2016). Na Tabela 1 são apresentados os dados meteorológicos da área experimental, para o período de 2014 a 2016.

TABELA 1 - Dados meteorológicos para o período de 2014 a 2016 no Centro de Pesquisa Agrícola (CPA) da Copacol.

Meses	Precipitação média (mm)			Temperatura máxima (°C)			Temperatura mínima (°C)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Janeiro	122	186	184	25	25	25	20	20	21
Fevereiro	96	314	370	24	24	25	19	20	21
Março	173	186	168	23	24	23	18	19	18
Abril	262	77	79	20	22	23	16	18	18
Mai	302	249	305	16	18	17	13	15	14
Junho	193	122	108	17	18	15	13	13	10
Julho	167	462	60	16	17	17	11	13	12
Agosto	62	72	178	20	21	18	14	15	14
Setembro	374	165	50	21	22	19	16	16	13
Outubro	61	190	295	25	24	21	19	19	16
Novembro	188	383	120	23	22	23	18	19	17
Dezembro	299	429	260	24	23	23	20	20	19
	Precipitação acumulada (mm)			Temperatura média (°C)					
	2299	2834	2177	21	22	21	16	17	16

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em parcelas subdivididas, contendo quatro repetições. Na safra de verão todas as parcelas foram cultivadas com soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. No cultivo de inverno foram instaladas nas parcelas as culturas de milho (*Zea mays* L.), milho + braquiária (*Brachiaria ruziziensis* Germain e Evrard), crotalária (*Crotalaria spectabilis* R.), aveia preta (*Avena strigosa* S.) e trigo (*Triticum aestivum* L.). Nas subparcelas foram aplicadas as fontes de fertilizantes (orgânico, organomineral e mineral), totalizando 60 subparcelas experimentais com dimensões de 13 x 5 m (comprimento x largura), totalizando 65 m².

Para o primeiro cultivo de soja (safra 2013/2014) utilizou-se a cultivar Syn 1059 RR, com densidade populacional de 22 sementes por m². No segundo (safra 2014/2015) e terceiro cultivo (safra 2015/2016) utilizou-se a cultivar NA 5909 RR, com densidade populacional de 28 sementes por m². O espaçamento entre linhas foi 0,50 m, sendo a parcela constituída por 10 linhas.

Nas parcelas com fertilizante orgânico do primeiro e segundo cultivo de soja, a cama de frango (25 g kg⁻¹ de N, 32 g kg⁻¹ de P₂O₅, 31 g kg⁻¹ de K₂O e matéria seca de 80%) foi aplicada à lancha na superfície, dez dias antes da semeadura, em dose correspondente a 4 t ha⁻¹. Para o terceiro cultivo de soja aplicou-se a cama de frango (22 g kg⁻¹ de N, 28 g kg⁻¹ de P₂O₅, 27 g kg⁻¹ de K₂O e matéria seca de 78%), na dose correspondente a 4,5 t ha⁻¹.

Levando em consideração a porcentagem de matéria seca, teores de nutrientes e índice de eficiência do fertilizante orgânico, chegou-se à dose aproximada de 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, aplicados somente antes da cultura da soja, sendo que nas culturas de inverno as parcelas com fertilizante orgânico não receberam adubação. Assim, dividindo por dois cultivos, esta adubação representou 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O por cultivo.

O fertilizante mineral (formulado 5-25-25 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 200 kg ha⁻¹) e organomineral do primeiro e segundo cultivo de soja, foram aplicados no sulco de semeadura. O fertilizante organomineral utilizado foi o formulado 3-13-13 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 385 kg ha⁻¹, produzido a partir da peletização da cama de frango e fertilizante mineral granulado. Para adubação mineral do terceiro cultivo foi utilizado o formulado 2-20-18 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 250 kg ha⁻¹ e o fertilizante organomineral 2-10-10 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 500 kg ha⁻¹.

Após a semeadura, conduziu-se o ensaio, seguindo as indicações técnicas da cultura da soja para manejo de plantas daninhas, doenças e insetos praga, conforme recomendações da Embrapa (2013).

Os cultivos de inverno referem-se ao período de 2014 a 2016, totalizando três cultivos. Em todos os períodos utilizou-se a espécie *Crotalaria spectabilis*, com densidade populacional de 100 sementes por m² e espaçamento entre linhas de 0,50 m. A aveia preta utilizada em todos os cultivos de inverno foi a cultivar BRS 139, em espaçamento de 0,17 m e densidade populacional de 300, 400 e 380 sementes por m² para o

primeiro, segundo e terceiro cultivo, respectivamente. As culturas de cobertura (aveia preta e crotalária) não foram fertilizadas, assim como os demais tratamentos que receberam fertilizante orgânico no cultivo de verão.

Para a cultura do trigo utilizou-se a cultivar CD 150, nos dois primeiros cultivos, com densidade populacional de 380 sementes por m² e espaçamento entre linhas de 0,17 m. No terceiro cultivo, utilizou-se a cultivar OR25, com densidade populacional de 360 sementes por m² e espaçamento entre linhas de 0,17 m. No primeiro cultivo, utilizou-se o híbrido de milho P 3161 H, com densidade populacional de semeadura de 60 mil sementes ha⁻¹ e espaçamento entre linhas de 0,50 m. Para o segundo e terceiro cultivo, utilizou-se o híbrido de milho AG 910 PRO, com densidade populacional de semeadura de 60 mil e 57 mil sementes ha⁻¹, respectivamente, com espaçamento entre linhas de 0,68 m.

Para os cultivos de inverno, os fertilizantes mineral e organomineral foram aplicados no sulco de semeadura, somente nos tratamentos milho, milho + braquiária e trigo. No primeiro e segundo cultivo de inverno utilizou-se o fertilizante mineral 10-15-15 (N-P₂O₅-K₂O), na dose de 333 kg ha⁻¹ e o fertilizante organomineral 5-10-10 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 500 kg ha⁻¹. Para o terceiro cultivo de inverno utilizou-se o fertilizante mineral 10-15-15 N-P₂O₅-K₂O, na dose de 300 kg ha⁻¹ e o fertilizante organomineral 7-7-7 (N-P₂O₅-K₂O), na dose de 645 kg ha⁻¹.

Nos tratamentos milho + braquiária, a semeadura de *Brachiaria ruziziensis* foi realizada manualmente nas entre linhas do milho, com auxílio de equipamento do tipo "matraca", com população de 30 sementes por m² e semeadura na mesma data daquela do milho.

Após a semeadura, conduziu-se o ensaio, seguindo as indicações técnicas para cada cultura do milho e trigo quanto ao manejo de plantas daninhas, doenças e insetos praga. Na cultura da crotalária, realizou-se capina manual para o controle de plantas daninhas. Não foram realizadas aplicações de inseticidas e/ou herbicidas na cultura da aveia preta e crotalária.

As amostras de solo para a análise das frações químicas da matéria orgânica do solo foram coletadas em setembro de 2015 e 2016, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, sendo 5 amostras simples em cada parcela, coletadas de forma aleatória para formar uma amostra composta. Na camada de 0,00-0,20 m, as amostras de solo foram coletadas com pá de corte e, na camada de 0,20-0,40 m, as amostras foram coletadas com trado holandês. Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de dois milímetros. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon (PR).

O fracionamento químico da matéria orgânica do solo foi determinado pelo método de Swift (1996), adaptado por Benites et al. (2003), com posterior determinação do carbono nas frações de AF, AH e HUM. A partir destas análises foi possível calcular o extrato

alcalino ($EA = AF + AH$) e as relações AH/AF e EA/HUM para verificação dos processos de humificação da MOS.

Os resultados foram analisados quanto à distribuição normal dos dados e a homogeneidade das variâncias. As análises de variâncias foram realizadas para cada profundidade do solo avaliada, por meio do programa SAEG (SAEG, 2007). Realizou-se a análise conjunta dos resultados, considerando o fatorial ano x cultivo de inverno. Para proceder a análise conjunta, inicialmente verificou-se a relação dos quadrados médios residuais das análises individuais. O efeito das subparcelas (fontes de fertilizantes) também foi considerado na análise de variância, uma vez que estas foram condições de campo.

Os graus de liberdade dos tratamentos foram decompostos em contrastes ortogonais entre si, dentro de cada profundidade do solo. A significância dos contrastes foi testada pelo teste F, até 5% de probabilidade. A comparação dos resultados através de contrastes ortogonais demonstra qual componente teve efeito significativo quando associado com outro componente (CORRENTE et al. 2001; BERTOLDO et al., 2008).

Assim, os contrastes testados foram $C_1 = (Mi + MiB) \times (CRO + AP + T)$, $C_2 = Mi \times MiB$, $C_3 = CRO \times (AP + T)$, $C_4 = AP \times T$, $C_5 = (O + OR) \times M$, $C_6 = O \times OR$, $C_7 = 2015 \times 2016$, onde: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalaria, AP = aveia preta, T = trigo, O = fertilizante orgânico, OR = fertilizante organomineral e M = fertilizante mineral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve predominância da fração HUM em todas as profundidades de solo analisadas em comparação aos teores de AH e AF (Tabelas 2 e 3). Este indicativo corrobora estudos realizados anteriormente, onde o teor de COT é maior na fração HUM em diferentes camadas do solo e áreas de cultivo (ROSSET et al., 2016; PFLEGER et al., 2017). O predomínio da fração HUM indica a resistência desta fração à decomposição microbiana e a elevada interação desta fração com a porção mineral do solo (EBELING et al., 2011).

A fração HUM foi pouco influenciada pelos manejos realizados. Houve efeito das fontes de fertilizantes nos teores de HUM na camada de 0,00-0,05 m, com incremento de $0,66 \text{ g kg}^{-1}$ com o uso de fertilizante orgânico e organomineral (Tabela 2).

Rosales et al. (1999) verificaram que a aplicação de adubação orgânica (composta de resíduos vegetais e esterco bovino) durante 11 anos consecutivos, aumentou os teores de C das frações HUM, AH e AF, independente da adubação mineral utilizada, na camada de 0,00-0,20 m. No entanto, Bertechini (2017) observou que o teor de HUM não foi alterado em cultivos de sucessão milho-soja, em solos do Cerrado piauiense sob aplicação de fertilizante organomineral e NPK com substâncias húmicas.

Na camada de 0,20-0,40 m houve efeito dos cultivos no teor de HUM apenas para o contraste C_1 , onde o cultivo de milho e milho + braquiária reduziram

$0,62 \text{ g kg}^{-1}$ o teor de HUM quando comparado aos demais cultivos (Tabela 3). Entretanto, Rossi et al. (2011) verificaram incremento na fração HUM em cultivo da soja sob palhada de braquiária em Latossolo Vermelho, em sistema de plantio direto. A braquiária, assim como outras gramíneas, contribui para elevar e manter os aportes de C no solo e seu sistema radicular também aporta grande quantidade de C, indicando maior estabilização do C pelo aumento na fração HUM. No presente trabalho isto pode ser verificado no cultivo de aveia preta e trigo.

De modo geral, após três anos de condução no experimento, houve redução nos teores de C na fração AH na camada de 0,00-0,10 m em comparação aos teores iniciais do solo e incremento destes teores na camada de 0,10-0,20 m. Para o teor de C na fração AF observa-se incremento deste apenas na camada de 0,20-0,40 m em relação aos teores iniciais do solo, o que pode estar relacionado a sua mobilidade no solo. Para a fração HUM, em comparação aos teores iniciais, houve incremento desta fração para todas as camadas do solo (Tabela 2 e 3). Do ano de 2015 para 2016, houve redução nos teores de AH, na camada de 0,00-0,10 m e também para os teores de AF e EA, em todas as camadas avaliadas.

De acordo com Silva e Mendonça (2007), os AF são o grupo de menor peso molecular e maior densidade de grupamentos carboxílicos, revelando maior solubilidade e polaridade que as frações AH e HUM, conseqüentemente, maior mobilidade no solo. Para Rosset et al. (2016), a fração AF apresentou movimentação mais evidente no solo, e sua representatividade aumentou em profundidade, com valores médios de 13%, 15%, 17% e 22% para as camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente.

Os teores de AH e AF foram mais sensíveis aos manejos adotados, tanto para os cultivos de inverno, como para as fontes de fertilizantes e para os períodos avaliados. Esta sensibilidade está relacionada ao processo de estabilização da MO do solo, que começa com a formação de AF e segue em direção a AH e depois HUM. Mudanças devido a adoção de diferentes sistemas de produção são esperadas na fração AF, já que reflete na primeira fase em direção à estabilização da matéria orgânica (ROSA et al., 2017).

Houve efeito dos cultivos de inverno nos teores de C da fração AH nas camadas de 0,0-0,05 e 0,20-0,40 m, para os contrastes C_1 e C_3 . Neste caso, o cultivo de crotalaria (C_3) apresentou menor teor de AH em comparação ao cultivo de aveia preta e trigo (Tabelas 2 e 3). No C_1 , na camada de 0,20-0,40 m, o cultivo de milho e milho + braquiária tiveram teores de AH inferiores ($0,23 \text{ g kg}^{-1}$) aos cultivos de crotalaria, aveia preta e trigo. Os fertilizantes também influenciaram os teores de AH. Neste caso, para a camada de 0,05-0,10 m o uso de fontes orgânicas e organominerais incrementaram os teores de AH e na camada de 0,10-0,20 m o fertilizante orgânico incrementou em $0,20 \text{ g kg}^{-1}$ o teor de AH em comparação à fonte organomineral.

TABELA 2 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF), extrato alcalino (EA) e relações AH/AF e EA/HUM sob cultivos de inverno, fontes de fertilizantes e anos, nas profundidades de solo de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m.

Análise de variância	HUM	AH	AF	EA	AH/AF	EA/HUM
	g kg ⁻¹					
Profundidade do solo						
0,00-0,05 m						
Análise inicial do solo	14,59	4,70	4,69	9,39	1,00	0,64
Cultivos de inverno						
Milho	16,38	4,06	4,43	8,44	0,91	0,52
Milho + braquiária	16,61	4,06	4,34	8,41	0,94	0,51
Crotalária	16,08	3,73	4,33	8,06	0,86	0,50
Aveia Preta	16,46	4,07	4,53	8,60	0,90	0,53
Trigo	15,62	4,10	4,31	8,40	0,95	0,55
Contrastes ⁽¹⁾						
C ₁	ns	0,10 ^{ns}	ns	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	ns
C ₂	ns	0,00 ^{ns}	ns	0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	ns
C ₃	ns	-0,36 ^{**}	ns	-0,44 ^{**}	-0,07 ^{**}	ns
C ₄	ns	-0,03 ^{ns}	ns	0,19 ^{ns}	-0,05 ^{**}	ns
Fontes de fertilizantes						
Orgânico	16,35	4,04	4,37	8,41	0,93	0,52
Organomineral	16,55	4,08	4,40	8,48	0,92	0,52
Mineral	15,79	3,89	4,36	8,25	0,89	0,53
Contrastes						
C ₅	0,66 ^{**}	ns	ns	ns	ns	ns
C ₆	-0,20 ^{ns}	ns	ns	ns	ns	ns
Anos						
2015	15,98	4,13	4,59	8,72	0,90	0,55
2016	16,48	3,88	4,18	8,04	0,92	0,49
Contraste						
C ₇	ns	0,24 ^{**}	0,41 ^{**}	0,67 ^{**}	ns	0,06 ^{**}
Profundidade do solo						
0,05-0,10 m						
Análise inicial do solo	10,37	3,75	4,18	7,93	0,89	0,59
Cultivos de inverno						
Milho	12,07	3,52	4,13	7,64	0,85	0,63
Milho + braquiária	12,15	3,41	3,91	7,32	0,87	0,61
Crotalária	11,43	3,24	4,07	7,31	0,80	0,65
Aveia Preta	11,60	3,63	4,20	7,83	0,87	0,65
Trigo	11,86	3,54	3,97	7,51	0,89	0,64
Contrastes						
C ₁	ns	ns	-0,06 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	ns
C ₂	ns	ns	0,22 ^{**}	0,33 [*]	-0,02 ^{ns}	ns
C ₃	ns	ns	-0,01 ^{ns}	-0,36 ^{**}	-0,08 ^{**}	ns
C ₄	ns	ns	0,23 ^{**}	0,33 [*]	-0,03 ^{ns}	ns
Fontes de fertilizantes						
Orgânico	11,81	3,54	4,08	7,62	0,87	0,65
Organomineral	12,14	3,54	4,09	7,63	0,87	0,63
Mineral	11,87	3,32	3,99	7,32	0,83	0,62
Contrastes						
C ₅	ns	0,21 ^{**}	ns	0,31 ^{ns}	ns	ns
C ₆	ns	0,00 ^{ns}	ns	-0,01 ^{ns}	ns	ns
Anos						
2015	11,73	3,58	4,25	7,83	0,85	0,67
2016	12,15	3,35	3,86	7,21	0,87	0,62
Contraste						
C ₇	ns	0,23 ^{**}	0,38 ^{**}	0,62 ^{**}	ns	0,05 ^{**}

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalária, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ns = não-significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente. C1 = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₅ = (O + OR) x M, C₆ = O x OR, C₇ = 2015 x 2016.

TABELA 3 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF), extrato alcalino (EA) e relações AH/AF e EA/HUM sob cultivos de inverno, fontes de fertilizantes e anos para as profundidades de solo de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

Análise de variância	HUM	AH	AF	EA	AH/AF	EA/HUM
	g kg ⁻¹					
Profundidade do solo						
0,10-0,20 m						
Análise inicial do solo	7,76	2,54	3,63	6,17	0,70	0,79
Cultivos de inverno						
Milho	9,04	2,70	3,60	6,26	0,76	0,70
Milho + braquiária	9,16	2,81	3,45	6,26	0,82	0,67
Crotalária	9,02	2,68	3,59	6,26	0,75	0,69
Aveia Preta	9,67	2,98	3,77	6,76	0,79	0,69
Trigo	9,22	2,78	3,56	6,34	0,78	0,68
Contraste ⁽¹⁾						
C ₁	ns	ns	-0,12 ^{ns}	-0,20 [*]	ns	ns
C ₂	ns	ns	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	ns	ns
C ₃	ns	ns	-0,08 ^{ns}	-0,29 [*]	ns	ns
C ₄	ns	ns	0,21 [*]	0,42 ^{**}	ns	ns
Fontes de fertilizantes						
Orgânico	9,40	2,92	3,62	6,54	0,81	0,69
Organomineral	9,06	2,72	3,60	6,32	0,76	0,70
Mineral	9,20	2,72	3,56	6,28	0,77	0,67
Contrastes						
C ₅	ns	0,11 ^{ns}	ns	ns	ns	ns
C ₆	ns	0,20 [*]	ns	ns	ns	ns
Anos						
2015	9,21	2,80	3,73	6,53	0,75	0,70
2016	9,23	2,78	3,44	6,22	0,81	0,67
Contraste						
C ₇	ns	ns	0,29 ^{**}	0,32 [*]	-0,06 ^{**}	ns
Profundidade do solo						
0,20-0,40 m						
Análise inicial do solo	5,69	0,84	2,27	3,11	0,37	0,55
Cultivos de inverno						
Milho	6,37	1,08	2,70	3,78	0,39	0,59
Milho + braquiária	6,77	1,08	2,54	3,60	0,42	0,54
Crotalária	6,73	1,11	2,65	3,82	0,41	0,55
Aveia Preta	7,39	1,45	2,87	4,32	0,47	0,57
Trigo	7,47	1,37	2,67	4,13	0,51	0,57
Contrastes						
C ₁	-0,62 ^{**}	-0,23 ^{**}	-0,11 ^{ns}	-0,40 ^{**}	-0,06 ^{ns}	ns
C ₂	-0,40 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	ns
C ₃	-0,70 ^{ns}	-0,30 ^{**}	-0,12 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,09 [*]	ns
C ₄	-0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	ns
Fontes de fertilizantes						
Orgânico	6,98	1,18	2,67	3,84	0,43	0,56
Organomineral	6,74	1,07	2,59	3,66	0,41	0,53
Mineral	7,12	1,41	2,81	4,23	0,49	0,59
Contrastes						
C ₅	ns	-0,27 [*]	-0,18 [*]	-0,48 ^{**}	-0,07 [*]	-0,04 [*]
C ₆	ns	0,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Anos						
2015	6,89	1,29	2,79	4,10	0,45	0,58
2016	7,01	1,15	2,59	3,76	0,44	0,55
Contraste						
C ₇	ns	ns	0,20 ^{**}	0,33 [*]	ns	0,03 ^{ns}

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalária, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ^{ns} = não-significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente. C₁ = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₅ = (O + OR) x M, C₆ = O x OR, C₇ = 2015 x 2016.

Bertechini (2017) avaliou os teores de C nas frações húmicas com duas fontes de fertilizantes (organomineral e NPK com substâncias húmicas), aplicados de forma a obter, em cinco doses crescentes (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅), na sucessão milho-soja, em solos do Cerrado piauiense. O autor verificou que os teores de C nas frações húmicas do COT foram influenciados pelos fertilizantes, com incremento na quantidade do AH, em tratamentos que receberam o fertilizante organomineral.

Para os contrastes testados, houve efeito dos cultivos no teor de AF, na camada de 0,05-0,20 m. Observa-se que o cultivo de aveia, no contraste C₄, incrementou o teor de AF em 0,23 g kg⁻¹ e 0,21 g kg⁻¹ para a camada de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente, em comparação à cultura do trigo (Tabelas 2 e 3). Ainda na camada de 0,05-0,10 m, o cultivo de milho incrementou o teor de AF em 0,22 g kg⁻¹, quando comparado ao cultivo de milho + braquiária (C₂) (Tabela 2).

O extrato alcalino (EA) representa a fração do C orgânico composta por AH e AF. Observa-se que os cultivos influenciaram nos teores de EA em todas as camadas do solo. O cultivo de crotalária proporcionou menores teores de EA na camada de 0,00-0,20 m, quando comparado ao cultivo de aveia preta e trigo (C₃). Os cultivos de milho e aveia preta incrementaram em 0,33 g kg⁻¹ o teor de EA no C₂ e C₄, respectivamente, para camada de 0,05-0,10 m (Tabela 2 e 3).

A quantidade e composição dos resíduos vegetais das culturas pode ter influenciado nos teores de EA. De acordo com Fontana et al. (2006), a rotação soja/aveia, em plantio direto, em solo de Cerrado, contribui para a humificação e manutenção da MOS. Além disso, a aveia apresenta a tendência de ser constituída de material de mais fácil decomposição que o trigo (GONÇALVES et al., 2010), o que pode ter favorecido as frações AF e AH.

Para a camada de 0,20-0,40 m, o uso de fertilizante mineral incrementou os teores de C nas frações AH, AF e EA e as relações AH/AF e EA/HUM (Tabela 3). O cultivo de crotalária, no C₃, também apresentou menor relação AH/AF para as camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m (Tabelas 2 e 3). A relação AH/AF também foi menor para o cultivo da aveia preta na profundidade de 0,00-0,05 m, em comparação ao cultivo do trigo (Tabela 2).

A relação entre os teores de AH e AF e a relação entre as substâncias húmicas solúveis (AF+AH) pela fração HUM são índices utilizados para avaliar o processo de humificação e representam o nível de evolução da MOS (PFLEGER et al., 2017).

No presente trabalho observou-se que valores da relação AH/AF foram em sua maioria inferiores a 1. As relações AH/AF, com valores acima de 1, caracterizam situações de estado transformado da MOS pelo processo de humificação (PFLEGER et al., 2017). Entretanto, a diminuição da relação AH/AF está relacionada à adição recente de material vegetal, que aumenta, inicialmente, o conteúdo de AF (ROSA et al., 2017).

A avaliação do grau de humificação da MOS, pela relação AH/AF, demonstra redução em profundidade da relação AH/AF em vários perfis do solo, com maior quantidade de AF em relação ao AH, que reflete a característica de maior solubilidade e mobilidade da AF no solo (EBELING et al., 2011).

Campos et al. (2013) também verificaram maior relação AH/AF na camada superficial (0,00-0,05 m) em sistema de plantio direto sob diferentes sistemas de manejo. Assim, a distribuição típica da MO humificada, em solos de região de clima tropical, apresenta maior conteúdo de substâncias húmicas alcalino solúveis (AH e AF) na camada superficial do solo (ROSA et al., 2017). Verifica-se que os valores da relação EA/HUM foram menores que 1. Neste caso, a fração humificada mais estável (HUM) está em maiores teores individualmente do que as formas mais lábeis, e que essa também supera a soma das frações solúveis (AH+AF) (PFLEGER et al., 2017). Para Benites et al. (2003) a relação EA/HUM está associada à iluviação de matéria orgânica, o que pode estar relacionado ao fato da camada de 0,10-0,20 m apresentar a relação EA/HUM superior (em média 0,69) às camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m.

Houve interação entre ano e cultivo de inverno para AH, AF, EA, AH/AF e EA/HUM na camada de 0,00-0,05 m e para AF, EA e EA/HUM na camada de 0,05-0,10 m (Tabela 4 e 5). Para os cultivos de aveia preta e trigo observou-se redução do teor de AH na camada de 0,00 a 0,05 m do ano de 2015 para 2016. Para estes cultivos os teores AF e EA também apresentaram respostas semelhantes na camada de 0,00-0,10 m (C₇ - Tabelas 4 e 5). Segundo Gonçalves et al. (2010), a velocidade de decomposição dos resíduos envolve fatores ligados à constituição dos tecidos vegetais, existindo espécies consideradas como de decomposição rápida, como as leguminosas e de decomposição lenta, como as gramíneas. Além dos efeitos ambientais, influenciam mais precisamente, a temperatura e a umidade a que ficam expostos os resíduos em condições de campo. Assim, os teores de AH e AF mais elevados em 2015, podem estar relacionados com as condições climáticas, sendo observada precipitação acumulada de 2834 e 2177 mm para 2015 e 2016, respectivamente.

Gonçalves et al. (2010) verificaram que a quantidade de chuvas (precipitação) foi o fator mais importante na decomposição dos resíduos das culturas da aveia e trigo, havendo uma tendência da decomposição ser maior quando chove mais e vice-versa. Neste caso, as temperaturas mostraram não ser um fator limitante à decomposição dos resíduos. Porém, temperaturas superiores a 30°C tendem a aumentar a evaporação de água do sistema, contribuindo para a redução da decomposição dos resíduos, o que não ocorre quando ela é mais amena (na faixa de 28 a 29°C).

Em 2016, para a camada de 0,00-0,05 m, o cultivo de milho e milho + braquiária (C₁) promoveram maior aporte de C nas frações de AH e EA e maior relação AH/AF em comparação aos demais cultivos, efeito contrário ao observado em 2015 (Tabela 4).

O cultivo de crotalária, em 2015, apresentou teores inferiores de AH, AF e EA e também nas relações AH/AF e EA/HUM em comparação aos cultivos de aveia preta e trigo para a camada de 0,00-0,05 m (Tabela 4). No entanto, em 2016, o cultivo de crotalária incrementou em 0,24 e 0,22 g kg⁻¹ no teor de AF nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente (Tabela 4 e 5).

A crotalária é uma planta leguminosa anual, de primavera verão e com semeadura na época das chuvas. Em plantios tardios as plantas ficam mais baixas, pela elevada sensibilidade da espécie ao fotoperíodo (LOPES,

2000). No presente trabalho a crotalária foi semeada após a colheita da cultura da soja, em geral a partir do mês de março. Esta semeadura mais tardia da crotalária pode ter contribuído para a redução no porte das plantas e consequente redução de biomassa, a qual está relacionada ao acúmulo de C pela cultura. Isto pode ser evidenciado quando se compara os teores de C das frações húmicas do solo, em parcelas com o cultivo de crotalária, em comparação às parcelas com plantas de inverno, como a aveia preta e o trigo.

TABELA 4 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF), extrato alcalino (EA) e relações AH/AF e EA/HUM em função de ano x cultivo de inverno para a profundidade de solo de 0,00-0,05 m.

Tratamentos ⁽¹⁾	Mi	MiB	CRO	AP	T	Contrastes ⁽²⁾			
	HUM (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	16,22	16,57	15,59	16,82	14,68	ns	ns	ns	ns
2016	16,53	16,64	16,58	16,10	16,56	ns	ns	ns	ns
Contraste									
C ₇	ns	ns	ns	ns	ns				
AH (g kg ⁻¹)						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	3,86	4,09	3,86	4,33	4,50	-0,26**	-0,23*	-0,56**	-0,17 ^{ns}
2016	4,16	4,04	3,60	3,81	3,70	0,40**	0,12 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Contraste									
C ₇	-0,30*	0,05 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,52**	0,80**				
AF (g kg ⁻¹)						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	4,58	4,47	4,37	4,81	4,73	-0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,40**	0,07 ^{ns}
2016	4,27	4,21	4,30	4,25	3,88	0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,24**	0,37**
Contraste									
C ₇	0,31*	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,56**	0,86**				
EA (g kg ⁻¹)						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	8,44	8,56	8,22	9,14	9,23	-0,36**	-0,12 ^{ns}	-0,96**	-0,09 ^{ns}
2016	8,43	8,25	7,90	8,06	7,58	0,50**	0,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,48**
Contraste									
C ₇	0,00 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,08**	1,65**				
AH/AF						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	0,84	0,92	0,88	0,90	0,95	-0,03*	-0,07**	-0,04*	-0,05 ^{ns}
2016	0,97	0,96	0,84	0,90	0,95	0,07**	0,01 ^{ns}	-0,09**	-0,06*
Contraste									
C ₇	-0,13**	-0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}				
EA/HUM						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	0,52	0,52	0,53	0,55	0,63	-0,05**	0,00 ^{ns}	-0,06**	-0,08**
2016	0,51	0,5	0,48	0,51	0,46	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,04*
Contraste									
C ₇	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17**				

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalária, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ^{ns} = não-significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente. C₁ = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₇ = 2015 x 2016.

Outro fator que pode estar relacionado aos menores teores de AH, AF e EA para a cultura da crotalária é o fato desta pertencer ao grupo das plantas com baixa razão C/N do material verde, ocasionando decomposição elevada no início do processo. Pedra et al.

(2012) verificaram que o cultivo de crotalária apresentou em um Argissolo Vermelho Amarelo relação C/N de 14,65 na profundidade de 0,00-0,10 m e 10,57 na profundidade de 0,10-0,20 m.

TABELA 5 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF), extrato alcalino (EA) e relações AH/AF e EA/HUM em função de ano x cultivo de inverno para a profundidade de solo de 0,05-0,10 m.

Tratamentos ⁽¹⁾	Mi	MiB	CRO	AP	T	Contrastes ⁽²⁾			
	HUM (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
2015	12,07	12,15	10,69	12,49	11,24	ns	ns	ns	ns
2016	12,10	12,2	12,18	11,86	12,49	ns	ns	ns	ns
Contraste									
C ₇	ns	ns	ns	ns	ns				
	AH (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	2015	3,49	3,43	3,31	3,86	3,82	ns	ns	ns
2016	3,54	3,38	3,16	3,41	3,26	ns	ns	ns	ns
Contraste									
C ₇	ns	ns	ns	ns	ns				
	AF (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	2015	4,29	4,04	4,14	4,47	4,29	-0,13 ^{ns}	0,26 [*]	-0,24 [*]
2016	3,96	3,78	4,01	3,93	3,64	0,00 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,22 [*]	0,29 [*]
Contraste									
C ₇	0,34 ^{**}	0,26 ^{**}	0,12 ^{ns}	0,54 ^{**}	0,64 ^{**}				
	EA (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	2015	7,79	7,47	7,44	8,33	8,11	-0,33 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,78 ^{**}
2016	7,49	7,16	7,17	7,34	6,90	0,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Contraste									
C ₇	0,29 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,99 ^{**}	1,21 ^{**}				
	AH/AF					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	2015	0,81	0,85	0,8	0,86	0,89	ns	ns	ns
2016	0,89	0,89	0,79	0,87	0,9	ns	ns	ns	ns
Contraste									
C ₇	ns	ns	ns	ns	ns				
	EA/HUM					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	2015	0,63	0,62	0,71	0,67	0,73	-0,07 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
2016	0,63	0,59	0,60	0,62	0,56	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,07 [*]
Contraste									
C ₇	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,11 ^{**}	0,05 ^{ns}	0,17 ^{**}				

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalária, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ^{ns} = não-significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente. C1 = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₇ = 2015 x 2016.

Houve interação entre cultivo de inverno e fontes de fertilizantes para a relação EA/HUM na profundidade de 0,00-0,05 e 0,20-0,40 m. Neste caso, observa-se que o fertilizante mineral (C₅) proporcionou elevação na relação EA/HUM para os cultivos de milho + braquiária e trigo na camada de 0,20-0,40 m e crotalária nas camadas de 0,00-0,05 e 0,20-0,40 m. Para estas camadas, o uso de fertilizante orgânico aumentou a relação EA/HUM para cultivo de milho + braquiária em comparação ao fertilizante organomineral (C₆ - Tabela 6).

Para a camada de 0,00-0,05 m, o uso de fertilizante orgânico aumentou a relação EA/HUM para os cultivos de milho e milho + braquiária (C₁). No entanto, a utilização de fertilizante mineral apresentou efeito contrário para este contraste. O fertilizante organomineral teve efeito sobre o C₂, com maior relação EA/HUM para cultivo de milho na profundidade de 0,20-0,40 m (Tabela 6).

TABELA 6 - Relação EA/HUM em função de cultivo de inverno x fontes de fertilizantes para as profundidades de solo de 0,00-0,05 m e 0,20-0,40 m.

Tratamentos ⁽¹⁾	Mi	MiB	CRO	AP	T	Contrastes ⁽²⁾			
	Profundidade de solo de 0,00-0,05 m					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Fertilizantes									
Orgânico	0,54	0,55	0,48	0,50	0,52	0,04*	-0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
Organomineral	0,52	0,49	0,50	0,53	0,56	-0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
Mineral	0,50	0,50	0,53	0,55	0,56	-0,05**	0,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
Contrastes									
C ₅	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,04*	-0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}				
C ₆	0,02 ^{ns}	0,07**	-0,01 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}				
Profundidade de solo de 0,20-0,40 m									
Fertilizantes									
Orgânico	0,61	0,56	0,54	0,57	0,54	0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Organomineral	0,60	0,47	0,49	0,56	0,54	0,01 ^{ns}	0,13**	-0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Mineral	0,55	0,59	0,62	0,59	0,62	-0,04 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
Contrastes									
C ₅	0,06*	-0,08**	-0,11**	-0,03 ^{ns}	-0,08**				
C ₆	0,01 ^{ns}	0,08**	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}				

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalaria, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ^{ns} = não-significativo, * e ** = significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente. C₁ = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₅ = (O + OR) x M, C₆ = O x OR.

Houve interação entre ano, cultivo de inverno e fontes de fertilizantes apenas para EA na camada de 0,10-0,20 m. Neste caso, observa-se pelo C₆ que o fertilizante orgânico incrementou os teores de EA para os cultivos de milho e crotalaria em comparação ao fertilizante organomineral, enquanto que para o cultivo do trigo, no mesmo ano, foi observado efeito contrário (Tabela 7).

O fertilizante organomineral teve efeito sobre C₁ e C₃ em 2015, com redução dos teores de EA para os cultivos de milho e milho + braquiária em C₁ e crotalaria em C₃. Em 2016, houve efeito de fertilizante apenas para o orgânico no C₄, onde a aveia preta apresentou incremento

de 1,09 g kg⁻¹ no teor de EA em comparação ao trigo. Segundo Bittencourt et al. (2006), utilizar material orgânico permite aumento da CTC, menores perdas por lixiviação e liberação de nutrientes às plantas.

O fertilizante organomineral apresenta potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral, pois sua solubilização é gradativa ao decorrer do período de desenvolvimento da cultura, quando a eficiência agrônômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis (KIEHL, 2008), ou seja, maior capacidade de promover acréscimo de rendimento da cultura por unidade de determinado nutriente aplicado.

TABELA 7 - Teor de carbono no extrato alcalino (EA) em função de ano x cultivo de inverno x fontes de fertilizantes para a profundidade de solo de 0,10-0,20 m.

Tratamentos ⁽¹⁾	Mi	MiB	CRO	AP	T	Contrastes ⁽²⁾			
	EA (g kg ⁻¹)					C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Fertilizantes									
Orgânico	6,51	6,39	6,88	7,13	6,32	-0,32 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Organomineral	5,67	6,30	5,90	7,22	7,22	-0,79**	-0,63 ^{ns}	-1,32**	0,00 ^{ns}
Mineral	6,65	6,24	6,07	6,80	6,67	-0,07 ^{ns}	0,41 ^{ns}	-0,67 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Contrastes									
C ₅	-0,56 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,10 ^{ns}				
C ₆	0,84**	0,09 ^{ns}	0,98**	-0,09 ^{ns}	-0,90**				
2016									
Orgânico	6,53	6,56	6,23	6,98	5,89	0,18 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	1,09*
Organomineral	6,26	6,17	6,30	6,35	5,63	0,12 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Mineral	5,92	5,87	6,20	6,06	6,31	-0,29 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
Contrastes									
C ₅	0,47 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,61 ^{ns}	-0,55 ^{ns}				
C ₆	0,27 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,26 ^{ns}				

⁽¹⁾Cultivos de inverno: Mi = milho, MiB = milho + braquiária, CRO = crotalaria, AP = aveia preta, T = trigo. Fertilizantes: O = orgânico, OR = organomineral, M = mineral. ^{ns} = não-significativo, ** = significativo a 1% pelo teste F. C₁ = (Mi + MiB) x (CRO + AP + T), C₂ = Mi x MiB, C₃ = CRO x (AP + T), C₄ = AP x T, C₅ = (O + OR) x M, C₆ = O x OR.

CONCLUSÕES

Os teores de carbono (C) nas frações químicas da matéria orgânica do solo (MOS) apresentaram alterações em relação aos cultivos de inverno, sendo pouco influenciados pelas fontes de fertilizantes.

As frações ácido fúlvico (AF) e ácido húmico (AH) foram sensíveis aos cultivos de inverno, com redução dos teores de 2015 para 2016. A fração húmica, foi pouca influenciada pelo manejo de inverno.

O manejo soja/crotalária proporciona redução dos teores de C das frações AH e AF, o que pode prejudicar aspectos relacionados à fertilidade e a longo prazo afetar a qualidade do solo.

As fontes orgânicas e organominerais incrementaram as frações químicas da matéria orgânica na camada superficial do solo e a fonte mineral incrementou as frações em profundidades acima de 0,20 m.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; LAVADO, R.S. Climatic, organic matter and clay content relationship in the Pampa and Chaco soils, Argentina. **Geoderma**, v.83, n.1-2, p.127-141, 1998.

BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; FONTES, A.G.; POLIDORO, J.C.; MOÇO, M.K.; REBOUCA, R.C.; BALIGAR, V.C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.81, n.3, p.213-220, 2011.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

BERTECHINI, M.C. **Frações da matéria orgânica do solo em função de fontes e doses de fertilizante mineral e organomineral no cerrado piauiense**. 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; MANTOVANI, A.; VALE, N.M. Problemas relacionados com o uso de testes de comparação de médias em artigos científicos. **Revista Biotemas**, v.21, n.2, p.145-153, 2008.

BEZERRA, R.P.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PERIN, A. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado, Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.2637-2654, 2013.

BITTENCOURT, V.C.; STRINI, A.C.; CESARIM, L.G.; SOUZA, S.R. Torta de filtro enriquecida. **Revista Idea News**, v.6, n.63, p.2-6, 2006.

CAMPOS, L.P.; LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; BRASIL, E.L.; IWATA, B.F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.3, p.304-312, 2013.

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, n.1, p.133-143, 2000.

CORRENTE, J.E.; NOGUEIRA, M.C.S.; COSTA, B.M. Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.407-412, 2001.

CUNHA, T.J.F.; MENEGUELLI, N.A.; CONCEIÇÃO, M.; MACHADO, P.L.O.; FREIXO, A.A. **Avaliação de extratores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Distroférrico**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 15p. (Boletim de Pesquisa, n.7).

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PINHEIRO, E.F.M.; VALLADARES, G.S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, v.70, n.1, p.157-165, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil**. 1a. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Sistemas de Produção, 16).

FERREIRA, J.A.; SIMÕES, M.L.; MILORE, D.M.B.P.; MARTIN NETO, L.; HAYES, M.H.B. **Caracterização Espectroscópica da Matéria Orgânica do Solo**. 1a. ed. São Carlos: Embrapa, 2004. 3p. (Circular Técnica, 24).

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.847-853, 2006.

GONÇALVES, S.L.; SARAIVA, O.F.; TORRES, E. **Influência de fatores climáticos na decomposição de resíduos culturais de aveia e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 27p. (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. 4a. ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2008, 160p.

LOPES, O.M.N. **Crotalaria juncea L. e Crotalaria spectabilis Roth: leguminosas para adubação verde do solo e alimentação animal**. Altamira: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 2p. (Recomendações Técnicas, 14).

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BEUTLER, S.J.; FERREIRA, E.P.; SILVA, E.M.R. Oxidizable organic carbono fractions and soil aggregation in areas under different organic production systems in Rio de Janeiro, Brazil. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.14, n.2, p.699-708, 2011.

PEDRA, W.N.; PEDROTTI, A.; SILVA, T.O.; MACEDO, F.L.; GONZAGA, M.I.S. Estoques de carbono e nitrogênio sob diferentes condições de manejo de um Argissolo Vermelho Amarelo, cultivado com milho doce nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.6, p.2075-2090, 2012.

PFLEGER, P.; CASSOL, P.C.; MAFRA, A.L. Substâncias húmicas em cambissolo sob vegetação natural e plantios de pinus em diferentes idades. **Ciência Florestal**, v.27, n.3, p.807-817, 2017.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI, F.; SOUZA, R.C. Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.53-56, 2003.

ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; MAULI, M.M.; LIMA, G.P.; PACHECO, F.P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.2, p.221-230, 2017.

ROSALES, M.A.; OLIVEIRA, O.S.; MOURA, M.A.; LOURES, E.G. Influência das adubações orgânicas e mineral contínuas sobre as características das frações das substâncias húmicas do solo. **Revista Ceres**, v.46, n.263, p. 67-91, 1999.

ROSSET, J.S.; LANA, M.C.; PEREIRA, M.G.; SCHIAVO, J.A.; RAMPIM, L.; SARTO, M.V.M. Frações químicas e oxidáveis da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1529-1538, 2016.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, n.3, p.622-630, 2011.

SAEG. **Sistema para análises estatísticas**. Versão 9.1, Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBREERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. Sistema brasileiro de classificação de solo. 3a. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013, 353p.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.275-374.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reaction**. 2a. ed. New York: John Wiley, 1994. 443p.