

Propriedades físicas e carbono orgânico em camadas do solo sob diferentes usos e manejos nos cerrados do Oeste da Bahia, Brasil

A conversão de Cerrado natural em áreas de exploração agrícola tem modificado as propriedades físicas e alterado o conteúdo de carbono nos solos, principalmente quando o uso e manejo não contribuem para manutenção desses atributos. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a influência do uso e manejo do solo nas propriedades físicas e carbono orgânico total em solos, em quatro profundidades nos Cerrados do oeste da Bahia. O estudo foi realizado nos municípios de Barreiras e Luis Eduardo Magalhães no Estado da Bahia. Foram escolhidos 9 pontos de coleta, em Cerrado natural, plantio direto, plantio convencional (soja e Algodão), pastagem (com 2 e 5 anos) e pastagem degradada, café com 3 e 20 anos. As coletas foram realizadas nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. O sistema com plantio direto (SPD), algodão com plantio convencional (AC), pastagem com cinco anos (P5) e pastagem degradada (PD) apresentaram densidade maiores ($P < 0,05$) que a área de referência (cerrado natural (CN)) na camada superficial (0,00-0,10 m). Os índices de agregação (DMP e DMG) mostraram-se menores que os da área de Cerrado nos sistemas com plantio direto, plantio convencional (soja e algodão) e em pastagem degradada. Quanto ao índice de estoque de carbono, para o perfil de 0,00 a 0,40 m, apenas a pastagem com 2 anos de cultivo e o café com 3 anos de idade foram superiores ao Cerrado Nativo. De modo geral, as propriedades físicas e o carbono orgânico foram alterados pelo uso e manejo do solo, tanto de forma positiva como negativa.

Palavras-chave: Plantio direto; Densidade do solo; Estrutura do solo; Agregados do solo; Soja.

Physical properties and organic carbon in soil layers under different use and management in the cerrados in West Bahia, Brazil

The conversion of natural cerrado into agricultural areas has modified the physical properties and changed the carbon content in the soils, especially when the use and management do not contribute to the maintenance of these attributes. This work aimed to evaluate the influence of soil use and management on physical properties and total organic carbon in soils, at four depths in the cerrados of western Bahia. The study was carried out in the municipalities of Barreiras and Luis Eduardo Magalhães in the State of Bahia. Nine collection points were chosen: in natural cerrado, no-tillage, conventional tillage (soy and cotton), pasture (with 2 and 5 years) and degraded pasture, coffee with 3 and 20 years. Collections were performed at depths of 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 and 0,30-0,40 m. The system with no-tillage (SPD), cotton with conventional tillage (AC), five-year pasture (P5) and degraded pasture (PD) showed higher density ($P < 0.05$) than the reference area (natural "cerrado" (CN)) in the superficial layer (0,00-0,10 m). The aggregation rates (DMP and DMG) were lower than those of cerrado area were in systems with no-tillage, conventional tillage (soy and cotton) and in degraded pasture. In relation to the carbon stock index, for the 0,00 to 0,40 m profile, the pasture with 2 years of cultivation and coffee with 3 years of age were superior to the native cerrado. In general, the use and management of the soil changed the physical properties and organic carbon, positively and negatively.


Keywords: No-tillage; Soil density; Soil structure; Soil aggregates; Soybean.


Topic: **Ciências do Solo**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Received: **04/08/2021**


Approved: **22/08/2021**

Paulino Joaquim Soares Neto Sol 
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4732267901089330>
<http://orcid.org/0000-0001-5262-7348>
paulinoagro@hotmail.com

Laise de Souza Silva 
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0765914201925454>
<http://orcid.org/0000-0002-9470-7722>
ldsilva@uneb.br

Joaquim Pedro Soares Neto 
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6500619008358296>
<http://orcid.org/0000-0003-4121-3830>
ipsneto@uneb.br

Heliab Bomfim Nunes 
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9837667660651271>
<http://orcid.org/0000-0003-0575-6029>
hbnunes@uneb.br

Vandayse Abades Rosa 
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7578658183035460>
<http://orcid.org/0000-0003-4929-5711>
deyseabades@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0001

Referencing this:

SOL, P. J. S. N.; SILVA, L. S.; SOARES NETO, J. P.; NUNES, H. B.; ROSA, V. A.. Propriedades físicas e carbono orgânico em camadas do solo sob diferentes usos e manejos nos cerrados do Oeste da Bahia, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.1-11, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0001>

INTRODUÇÃO

A busca por alternativas tecnológicas que possibilitem o uso racional do solo tem sido a tônica das discussões em torno do tema manejo sustentável do solo para uma agricultura conservacionista. As alterações nos ambientes naturais causadas pelas atividades humanas impõem mudanças na estrutura do solo, dentre elas a ruptura dos agregados, especialmente os macroagregados, refletido na perda de matéria orgânica (WENDLING et al., 2011; WINCK et al., 2014). Para Balbino et al. (2019) uma das atividades que mais influência o comportamento físico-hídrico do solo é o seu preparo.

Silva et al. (2016) em trabalho realizado no cerrado de Brasília, DF, Brasil, constataram que de maneira geral, a conversão do uso da terra sob vegetação de cerrado em agroecossistema, reduziu o conteúdo total de carbono orgânico, principalmente devido à quebra de macroagregados, resultando em uma menor proteção física da matéria orgânica do solo. Por outro lado, as mudanças no uso do solo sempre causaram degradação de suas propriedades físicas e químicas, mas quando essa substituição é feita por sistema menos agressivo é difícil perceber modificações (SILVA et al., 2013). Sales et al. (2010) trabalhando com Neossolo Quartzarênico órtico do cerrado mineiro, encontraram maiores densidade do solo e transformação de macroporosidade em microporosidade em todas as áreas sob interferência antrópica.

Outro atributo do solo que é diretamente afetado pelo uso e manejo é o carbono (C). Os solos do Brasil, principalmente da região dos Cerrados do Oeste da Bahia, têm demonstrado ser altamente dependente da matéria orgânica do solo (MOS) para sua sustentabilidade. Guimarães et al. (2014) trabalhando em solo do platô de Neópolis no Estado de Sergipe, Brasil constataram que a conversão de floresta nativa em áreas cultivadas com fruteiras, alterou o conteúdo total de matéria orgânica do solo e, o mais importante, alterou a suscetibilidade da matéria orgânica do solo à decomposição e perda. Já Stefanoski et al. (2013) afirmam que ao discriminar solos com sinais de degradação, os indicadores de qualidade física do solo evidenciam a necessidade da adoção de sistemas que favoreçam a estruturação do solo, como aqueles que elevam os teores de matéria orgânica.

Salton et al. (2019) relatam que os cultivos de gramíneas aumentam o acúmulo de MOS em profundidade. Os mesmos autores mostram que solo cultivado por três safras consecutivas com milho safrinha + braquiária apresentou incremento no teor de matéria orgânica, em maior profundidade, comparado a produção de milho safrinha solteiro. As raízes de braquiária presente no sistema consorciado ao se desenvolverem, também, após a colheita do milho, exercem efeito por mais tempo, o que garante maior incorporação de biomassa ao solo.

Esse trabalho teve por objetivo avaliar influência do uso e manejo do solo nas propriedades físicas e carbono orgânico total em solos com diferentes usos e manejos em quatro profundidades nos Cerrados do Oeste da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização, clima e solo

O trabalho foi realizado em propriedades agrícolas do Território da Bacia do Rio Grande na região Oeste da Bahia, durante três (3) anos agrícolas (2015/16, 2016/17 e 2017/18). O clima regional, conforme classificação Köppen-Geiger, é do tipo Aw em que apresenta uma estação mais seca no inverno, onde o mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e equivale a menos de 4% da precipitação anual total, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C. Os solos das áreas estudadas foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico órtico, cuja granulometria encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição percentual das frações granulométricas (areia, silte e argila) dos solos das áreas estudadas.

Uso e manejo	Areia	Silte	Argila
%.....		
CN	74,21	5,84	19,94
SPD	78,01	2,79	19,20
SPC	91,12	1,81	7,08
AC	68,63	4,27	27,10
P2	84,32	3,06	12,62
P5	82,80	3,85	13,34
PD	85,85	9,19	4,96
CAF3	83,88	2,88	13,30
CAF20	84,74	2,23	13,03

CN = cerrado natural, SPD = sistema com plantio direto, SPC = sistema com cultivo convencional, AC = algodão com cultivo convencional, P2 = pastagem com 2 anos de idade, P5 = pastagem com 5 anos de idade, PD = pastagem degradada, CAF3 = café com 3 anos de idade e CAF20 = café com 20 anos de idade.

Uso, manejo e amostragens

As áreas utilizadas para o estudo foram separadas por uso/manejo da seguinte forma: a área de referência, cerrado natural (CN), soja cultivada em semeadura direta (SPD), soja com cultivo convencional (SPC), algodão com cultivo convencional (AC), pastagem com 2 anos de implantação (P2), pastagem com 5 anos de implantação (P5), pastagem degradada (PD), café com 3 anos de implantação (CAF 3) e café com 20 anos de implantação (CAF 20). As amostras foram coletadas nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, com quatro repetições em cada uso/manejo do solo.

Atributos físicos

Nessas amostras foram analisados os seguintes atributos do solo: densidade do solo (DS) de acordo com a (EMBRAPA, 2017). Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) foi determinado pela expressão: $DMP = \sum_i^n Ni * Di$, em que: Ni: porcentagem dos agregados retidos em uma determinada peneira (%); e Di : diâmetro médio de uma determinada faixa de tamanho do agregado (mm). O diâmetro médio geométrico (DMG) foi calculado pela expressão: $DMG = \exp \left[\frac{\sum(Wi * \ln X_m)}{\sum Wi} \right]$ em que: Wi : é a massa dos agregados de uma classe "i" de tamanho (g); LnXm: é o logaritmo natural do diâmetro médio de cada classe de tamanho; e $\sum Wi$: é a massa total da amostra (g).

Os agregados separados foram classificados de acordo com Edwards et al. (1967): em macroagregado (diâmetro superior a 0,25 mm) e microagregado (diâmetro inferior a 0,25 mm).

Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT), foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 2017). O estoque de carbono (Est C) na área de referência (CN) por camadas de solo foi estimado a partir da expressão: $EstC (Mg. ha^{-1}) = COT * DS * e$, em que: COT: é o carbono orgânico total (%); DS: é a densidade do solo; e: é a espessura da camada. O estoque de carbono para os demais tratamentos foram corrigidos pelo método da massa equivalente conforme Carvalho et al. (2009): $EstC = COT * DS * \left(\frac{DS_{ref}}{DS}\right) * \left(\frac{e}{10}\right)$, em que: COT: é o carbono orgânico total, DS: é a densidade do solo, DS_{ref}: densidade do solo de referência, e: espessura da camada. O índice de estoque de carbono (IEC) foi determinado pela seguinte equação: $IEC = \frac{EstCTi}{EstCref}$, em que: EstCTi = estoque de carbono do tratamento i; EstCref = Estoque de carbono de referencia (CN).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, para delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial, sendo os efeitos da profundidade, do uso do solo e da interação uso do solo x profundidade comparados pelo teste de Tukey a 5 %, empregando-se o programa computacional ASSISTAT 7.7 (2). Como análise complementar, utilizou-se a técnica multivariada, com aplicação do software Past 2.17c. Como os dados foram expressos em unidades de medidas diferentes, eles foram padronizados (média zero e variância 1) para assegurar que todas as variáveis contribuíssem igualmente para o modelo, independentemente da escala. A fim de identificar a similaridade das áreas com solos cultivados sob os diversos usos/manejos, utilizou-se como ferramenta a análise de agrupamento (análise de cluster).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos físicos

Analisando os dados de densidade do solo, constata-se que as áreas com SPD, AC, P5 e PD apresentaram densidade maiores ($P < 0,05$) que a área de referência (CN), na camada de 0,00-0,10 m de profundidade. Nas demais camadas, somente o P5 e CAF20 alcançaram DS significativamente maiores que CN em todas as camadas subsuperficiais. No SPC (0,20-0,30) e no PD nas camadas de 0,20-0,30 e 0,030-0,40 m a DS apresentou-se superior a área de referência (Tabela 2). Ainda na Tabela 2, verifica-se que na camada superficial (0,00-0,10 m) a DS foi significativamente maior no SPD quando comparada com SPC, P2, CAF3 e CAF 20. Na profundidade de 0,10-0,20 m, o SPD foi estatisticamente diferente a dos sistemas com P5, CAF3 e CAF20, apresentando-se com DS menor, já na camada de 0,20-0,30 m a DS do SPD foi menor que do SPC, P5, PD e CAF20. Para a camada de 0,30-0,40 m essa diferença entre o SPD e os outros sistemas foi detectada nos P5, PD e CAF20. Fernández-Ugalde et al. (2009) também encontraram diferença significativa entre SPD e SPC, principalmente na camada superficial do solo.

Tabela 2: Densidade do solo (DS) em diferentes usos e manejos em solos do cerrado do Oeste da Bahia.

Uso e manejo	Profundidade (m)			
	0,00-0,10	0,10-0,20	020-0,30	0,30-0,40
Mg dm ⁻³			
CN	1,47 bA	1,48 bA	1,53 bA	1,56 bA
SPD	1,62 aA	1,60 bA	1,58 bA	1,44 bA
SPC	1,50 bA	1,60 bA	1,64 aA	1,62 bA
AC	1,72 aA	1,61 bA	1,54 bA	1,58 bA
P2	1,43 bA	1,61 bA	1,53 bA	1,54 bA
P5	1,77 aA	1,74 aA	1,72 aA	1,76 aA
PD	1,62 aA	1,63 bA	1,67 aA	1,68 aA
CAF3	1,49 bB	1,75 aA	1,54 bB	1,56 bB
CAF20	1,54 bB	1,76 aA	1,72 aA	1,69 aA

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si. CN = cerrado natural, SPD = sistema com plantio direto, SPC = sistema com cultivo convencional, AC = algodão com cultivo convencional, P2 = pastagem com 2 anos de idade, P5 = pastagem com 5 anos de idade, PD = pastagem degradada, CAF3 = café com 3 anos de idade e CAF20 = café com 20 anos de idade.

A densidade do solo é influenciada pelo uso e manejo, que alteram a estrutura e o espaço poroso a ela associados, interferindo na porosidade total, distribuição de poros por tamanho, capacidade de aeração, a quantidade de água disponível, permeabilidade e taxa de infiltração (SOUZA et al., 2019). Além disso, a mineralogia, textura e matéria orgânica devem ser consideradas, portanto, acredita-se, que devido os altos conteúdo da fração areia dos solos das áreas estudadas, pode ter influenciado também nos altos valores da densidade do solo.

Em relação aos índices de agregação, DMP e DMG, na camada superficial do solo os menores valores foram observados no SPD, SPC, AC e PD em todas as profundidades avaliadas (Tabela 3). Verifica-se nesses resultados que ruptura dos agregados do solo por meio das operações de preparo, ficou evidente nas áreas, cujos manejos são mais intensos e em processo de degradação, como o SPC e PD. No SPD, o DMP e DMG também se apresentaram baixo, indicando que o tempo desde a adoção desse sistema, não foi suficiente para recuperação da estrutura do solo (PRAGANA et al., 2012). Loss et al. (2011) comparando sistema de plantio direto com integração lavoura-pecuária verificaram que em todas as classes de agregados, o sistema com plantio direto foi o que apresentou menor massa de agregados, com exceção para a classe maior de 2 mm na camada de 0,00-0,05 m.

Tabela 3: Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em diferentes usos e manejos em solos do cerrado do Oeste da Bahia.

Uso/ manejo	Profundidade (m)							
	0,00-0,10		0,10-0,20		020-0,30		0,30-0,40	
mm.....							
	DMP	DMG	DMP	DMG	DMP	DMG	DMP	DMG
CN	5,66aA	5,34 aA	5,71aA	5,43 aA	5,64aA	5,28 aA	5,57aA	5,15 aA
SPD	1,53 bA	0,64 cA	0,60 cA	0,14 dA	0,80 cA	0,32 cA	1,19 dA	0,59dA
SPC	1,05bA	0,35 cA	1,61cA	0,70 dA	0,84 cA	0,29cA	1,41 dA	0,60 dA
AC	0,94bA	0,38 cA	0,84 cA	0,22dA	0,84 cA	0,21 cA	0,95dA	0,35dA
P2	4,31aA	3,46bA	5,12aA	4,39 aA	5,10aA	4,37 aA	4,76aA	3,88 bA
P5	5,42 aA	4,92 aA	4,97aA	4,26 aA	4,49 aA	3,54 aA	3,01cB	2,00 cB
PD	0,92bB	1,00 cA	3,03bA	2,21 cA	2,52 bA	1,84 bA	2,74 cA	2,19 cA
CAF3	5,30 aA	4,70 aA	4,30aA	3,33bB	4,79 aA	3,97aA	3,43bB	2,84bB
CAF20	5,35aA	4,78 aA	4,34 aA	3,40bB	3,06bB	2,13 bC	1,92 dB	1,11 dC

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si. CN = cerrado nativo, SPD = sistema com plantio direto, SPC = sistema com cultivo convencional, AC = algodão com cultivo convencional, P2 = pastagem com 2 anos de idade, P5 = pastagem com 5 anos de idade, PD = pastagem degradada, CAF3 = café com 3 anos de idade e CAF20 = café com 20 anos de idade.

Nas camadas superficiais (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m), os tratamentos com P2, P5, CAF3 e CAF20 não foram diferentes significativamente ($P < 0,05$) da testemunha (CN) para o DMP. Nas demais camadas manteve-se essa mesma tendência com pequenas variações. Esses resultados mostram, além do efeito do não revolvimento, a capacidade dos solos de regiões de clima tropical de apresentar elevada influência de interações eletrostáticas dos óxidos e minerais de argila 1:1 no processo de agregação. Esses resultados corroboram com os trabalhos com pastagem de Costa Junior et al. (2012) e Loss et al. (2014) e, são discordantes dos de Hontaria et al. (2016) em que constataram que solos de clima temperado apresentaram maior microagregação nas camadas superficiais.

Considerando a classificação do Fialgo (2005) para o DMP como: baixo DMP menor que 1,8 mm, suficiente de 1,8 a 2,4 mm e alto maior do que 2,4 mm. Adotando essa classificação as culturas desse trabalho, verifica-se que na camada de 0,00-0,10 m, 44% do DMP foram considerados baixos e 66% alto. Nas profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m 33% foram considerados baixos e 67% alto, enquanto que na última camada obteve-se 33% baixo, 11 suficientes e 66% alto.

Estoque de carbono do solo

Nos nove usos e manejos estudados, os maiores estoques de carbono no solo foram detectados na camada de 0,00-0,10 m e com tendência de decréscimo em profundidade em todas as áreas de observadas. Os teores mais elevados foram detectados nos solos com CN, SPD, P2, P5, CAF3 e CAF20 (Tabela 4). Observa-se também, que na área com SPD, na camada superficial, armazenou maior quantidade de carbono que o solo com o sistema com AC ($P < 0,05$). Por outro lado, o sistema com plantio direto foi inferior aos sistemas com CAF3 e CAF20 ($p < 0,05$) (Tabela 4). Apesar do solo com SPD ter apresentado baixos valores de DMP e DMG, provavelmente, decorrente do preparo do solo em anos anteriores e o tempo de adoção desse sistema, não tenha sido suficiente para aportar maiores quantidades de matéria orgânica do solo. Isso é possível, porque nos Latossolos a matéria orgânica encontra-se predominantemente associada às superfícies minerais de óxidos de Fe, desta forma, é menos susceptível ao uso e manejo do solo devido a elevada estabilidade química da ligação organomineral (OADES et al., 1989).

Tabela 4: Estoque de carbono em solo submetido a diferentes usos/manejos, na região Oeste da Bahia.

Uso e manejo	Profundidade (m)			
	0,00-0,10	0,10-0,20	020-0,30	0,30-0,40
Mg.ha ⁻¹			
CN	14,60cA	13,97aA	11,32abAB	9,37abcB
SPD	12,27cdeA	11,54abA	11,20abA	11,36abA
SPC	10,12defA	11,34abA	9,33abcA	7,70bcA
AC	7,53fA	7,39bcA	7,32bcdA	8,83abcA
P2	11,80cdefA	13,17aA	13,53aA	13,00aA
P5	14,94cA	8,17bcB	5,88cdB	5,34cB
PD	9,54efA	4,75cB	3,41dB	5,62cB
CAF3	27,19aA	11,56abB	10,20abcBC	7,28bcC
CAF20	19,67bA	15,03aB	8,85bcC	6,36cC

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si. CN = cerrado nativo, SPD = sistema com plantio direto, SPC = sistema com cultivo convencional, AC = algodão com cultivo convencional, P2 = pastagem com 2 anos de idade, P5 = pastagem com 5 anos de idade, PD = pastagem degradada, CAF3 = café com 3 anos de idade e CAF20 = café com 20 anos de idade.

Outros autores têm encontrado na camada superficial do solo, valores maiores ou não diferentes, em estoque de carbono, de solos com cultivo quando comparados aos solos com vegetação natural. Portanto, os resultados desse trabalho assemelham-se aos de Coutinho et al. (2010), em que não detectaram diferenças significativas no estoque de carbono, entre solo com mata e com eucalipto e pastagem. Wink et al. (2013) também não encontraram diferença quando compararam solos com vegetação natural com eucalipto e Mascarenhas et al. (2017) confrontando solo coberto com mata, com pastagem e cacau em sistemas agroecológico. De acordo com a explicação de Parron et al. (2015), esses resultados podem ocorrer por que os estoques de carbono variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo do solo.

O IEC reflete a relação entre o estoque de carbono dos sistemas de uso/manejo avaliados e o sistema de referência (CN = 100%). Nota-se que apenas os sistemas de uso/manejo com P2 e CAF3 superaram a condição natural da área, enquanto que os demais apresentaram valores de estoque de carbono abaixo da referência em todo perfil de 0,00-0,40 m (Figura 1). Porém, os sistemas com SPD e CAF20 ficaram com estoque de carbono abaixo da área com CN em apenas 3,45 e 2,91%, respectivamente. Para sistemas com plantio direto esses resultados assemelham-se aos de Loss et al. (2011) em solo cultivado com berinjela e Souza et al. (2016) em solo cultivado com soja.

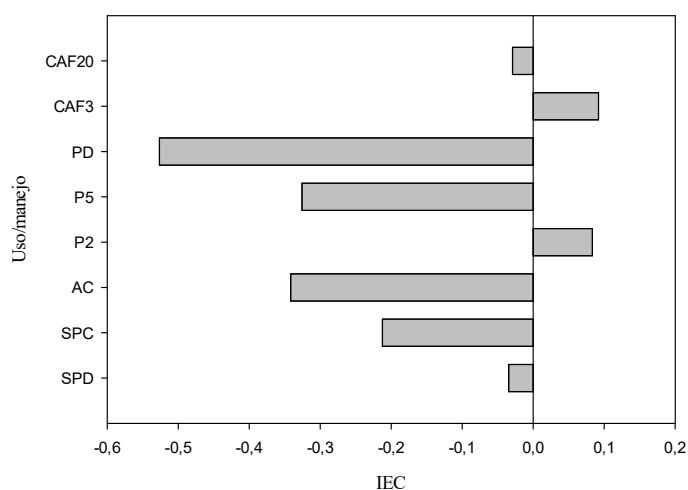


Figura 1: Índice de estoque de carbono (IEC) até a profundidade de 0,40 m em diferentes usos e manejos de solo.

De maneira geral, observou-se que solos com culturas perenes e plantio direto apresentaram os maiores IEC. Estes resultados estão coerentes com as afirmações de Dias Filho et al. (2019) e Souza et al. (2019), trabalhando com pastagem e citros, respectivamente. O mesmo ocorre com plantio direto com culturas anuais, por um longo período de tempo, o favorecimento e aprimoramento da estrutura e das propriedades químicas do solo, principalmente do carbono orgânico (BUSARI et al., 2015).

Na Tabela 5 está apresentada a matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos físicos, carbono orgânico total e estoque de carbono do solo. Foram observadas correlações significativas ($p < 0,01$) e positivas, entre os pares: DMG x DMP, IAG > 2 mm x DMP, IAG > 2 mm x DMG, MAAG x DMP, MAAG x DMG, MAAG x IAG < 2 mm, CO x DMP, CO x DMG, CO x IAG > 2 mm e com $p < 0,05$ foram entre CO x MAAG e, entre Est C x MAAG. As correlações significativas ($p < 0,01$) e negativas foram entre os pares MIAG x DMP,

MIAG x DMG, MIAG x IAG > 2 mm e, MIAG x MAAG e com $p < 0,05$ mostraram-se inversamente proporcionais, os pares CO x MIAG e Est C x MIAG.

Tabela 5: Matriz de correlação entre densidade do solo (DS), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de agregados maior que 2 mm (IAG>2 mm), macroagregados (MAAG), microagregados (MIAG), carbono orgânico do solo (CO) e estoque de carbono do solo (Est C).

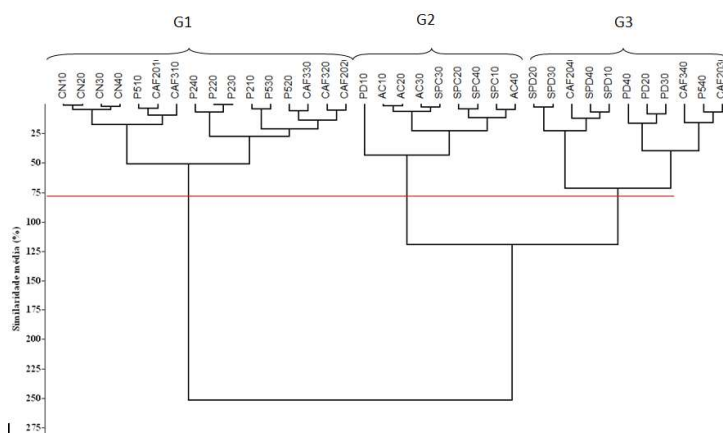
	DS	DMP	DMG	IAG>2mm	MAAG	MIAG	CO	Est.C
DS	1							
DMP	-0,2009 ^{ns}	1						
DMG	-0,2526 ^{ns}	0,9924**	1					
IAG>2mm	-0,1996 ^{ns}	0,9994**	0,9933**	1				
MAAG	-0,2050 ^{ns}	0,8666**	0,8365**	0,8507**	1			
MIAG	0,2040 ^{ns}	-0,8669**	-0,8367**	-0,8511**	-0,9999**	1		
CO	-0,3612 ^{ns}	0,4245**	0,4509**	0,4269**	0,3870*	-0,3886*	1	
Est.C	-0,1886 ^{ns}	0,2125 ^{ns}	0,2280 ^{ns}	0,2057 ^{ns}	0,3420*	-0,3432*	0,7190**	1

** significativo $p < 0,01$; * significativo $p < 0,05$.

As relações positivas, entre CO x DMP, CO x DMG, CO x IAG > 2 mm e CO x MAAG e, com correlação negativa entre CO x DS e Co x MIAG demonstram os efeitos benéficos de uso/manejo que incremente a matéria orgânica do solo. Resultados, de certa forma diferentes, foram encontrados por Almeida et al. (2014) em Latossolo Amarelo com diferentes usos, pois esses não detectaram correlação significativa entre CO e os diferentes tamanhos de agregados.

Análise de agrupamento de Cluster

A análise multivariada separou em três grupos os usos/manejos do solo, de acordo com as propriedades físicas, carbono orgânico total e estoque de carbono, considerando uma similaridade de 75% (Figura 2). Observando este dendograma, verifica-se no primeiro grupo (G1) que houve um agrupamento de todas as profundidades do CN e P2, P5 e CAF3 nas profundidades 0,00 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, CAF20 nas camadas de 0,00 - 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Essas áreas apresentam em comum, nessas profundidades, os maiores valores de DMP, DMG e estoque de carbono.



CN10, 20, 30, 40 = cerrado nativo nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; SPD10, 20, 30 e 40 = sistema com plantio direto nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; SPC10,020, 30 e 40 = sistema com cultivo convencional nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; AC10, 20, 30 e 40 = algodão com cultivo convencional nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; P210, 20, 30 e 40 = pastagem com 2 anos de idade nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; P510,020,030 e 40 = pastagem com 5 anos de idade nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; PD10, 20, 30 e 40 = pastagem degradada nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; CAF310, 20, 30 e 40 = café com 3 anos de idade nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente; e CAF2010, 20, 30 e 40 = café com 20 anos de idade nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, respectivamente.

Figura 2: Análise de agrupamento dos diferentes tipos de uso e manejo do solo, de acordo com os atributos físicos, carbono orgânico total e estoque de carbono.

O segundo grupo (G2), apresentou valores baixos de DMP e DMG, associados a altas densidades do solo, quando se considerou uma proximidade de 75%. Este grupo foi formado por todas as camadas de solo de SPC e AC e, mais a camada de 0,00 – 0,10 m da PD. O terceiro grupo (G3) engloba todas as camadas subsuperficiais de PD, a de 0,30–0,40 m de CAF3 e P5, as de 0,20-0,30 e de 0,30-0,40 m de CAF20 e todas as camadas estudadas do SPD. Os valores baixos de DMP e DMG junto com a DS, provavelmente, contribuiu para que o SPD estivesse nesse grupo. Esses resultados contrariam Braida et al. (2011), em que afirmam que sistemas conservacionistas de manejo do solo aumenta expressivamente a agregação e que a redução ou eliminação do revolvimento do solo, associado aos sistemas de rotação de culturas com aporte de resíduos vegetais, normalmente, resulta em maiores estabilidades de agregados, evidenciada pelos maiores valores de DMP.

Pragana et al. (2012) estudando as alterações ocorridas nos atributos físicos do solo em área com plantio convencional por 3 (três) anos seguido de plantio direto também por 3 (três) anos (PC3/PD3), plantio convencional por 5 (cinco) anos com soja e plantio direto por 4 (quatro) anos com rotação soja/milho (PC5/PD4) e plantio convencional com soja por 7 (sete) anos, seguido por plantio direto por 8 (oito) anos com rotação soja/milho, encima de palhada de milheto (PC7/PD8), comparados com as condição de cerrado natural, verificaram que os manejos de solos utilizados se agruparam em três grupos distintos, sendo, PC5/PD4, PC7/PD8 e PC3/PD3 e CN. Observaram ainda, que o solo com quatro anos de cultivo com PD não foram suficientes para recuperação de suas propriedades físicas. Esses resultados refletem o que pode ser observado nesse trabalho, pois o pouco tem de cultivo com SPD, fez com que as amostra de algumas profundidades desse sistema se agrupassem com PD (pastagem degradada) e com as camadas subsuperficiais do cultivo de café e pastagem de 5 anos (P5).

CONCLUSÕES

A densidade do solo do sistema com plantio direto foi superior à dos sistemas com plantio convencional de soja, pastagem com 2 anos de uso, café com 3 e 20 anos de uso. De maneira geral, os solos das áreas estudadas apresentaram em torno de 64% do DMP classificados como suficiente a alto. Em termo de estoque de carbono, os solos com café com 3 e 20 anos obtiveram valores superiores ao do cerrado nativo. A matéria orgânica promoveu efeitos positivos no incremento do DMP, DMG, IAG > 2 mm e MAAG. De modo geral, as propriedades físicas e o carbono orgânico foram alterados pelo uso e manejo do solo, tanto de forma positiva como negativa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. R.; BORGES, E. N.. Correlação do tamanho e distribuição dos agregados em Latossolo Amarelo da região do triângulo mineiro em diferentes ambientes. *Bioscience Journal*, v.30, n.5, p.1325-1334, 2014.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARCHÃO, R. L.; SANTOS, J. C. F.; SANTOS, G. G.; EBERHARDT, D. N.;

BECQUER, T.; SILVA, F. A. M.; VILELA, L.. Manejo de solos em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: SBCS, 2019. p.1183-1217.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C.. **Tópicos**

em ciência do solo. Viçosa: SBCS, 2011. p.221-277.

BUSARI, M. A.; KUKAL, S. S.; KAUR, A.; BHATT, R.; DULAZI, A. A.. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. **International Soil and Water Conservation Research**, v.3, n.2, p.119-129, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGEL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C.. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazil Amazon. **Soil and Tillage Research**, v.103, n.2, p.342-349, 2009.

COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.4, p.1311-1321, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832012000400025>

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P.. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.195-203, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200011>

DIAS FILHO, M. B.; LOPES, M. J. S.. Manejo do solo em pastagens. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: SBCS, 2019. p.1162-1181.

EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M.. Dispersion of soil particles by sonic vibration. **European Journal Soil Science**, v.18, n.1, p.47-63, 1967. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1967.tb01487.x>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2017.

FERNÁNDEZ-UGALDE, O.; VIRTO, I.; BESCANSÀ, P.; IMAZ, M. J.; ENRIQUE, A.; KARLEN, D. L.. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone-semiarid soils. **Soil & Tillage Research**, v.106, p.29-35, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.012>

FIALGO. **Manejo do algodoeiro nas diferentes condições ecológicas do Estado de Goiás**. Goiânia: Casa do Algodão, 2005.

GUIMARÃES, D. V.; MARIA I. S.; GONZAGA, M. I. S.; MELO NETO, J. O.. Management of soil organic matter and carbon storage in tropical fruit crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.301-306, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1415-43662014000300009>

LOSS, A.; COSTA, E. M.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista da Faculdade de Agronomia**, v.113, n.1, p.1-8, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C.. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276,

2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000022>

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R.. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, Santiago, v.29, n.2, p.11-19, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200002>

MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. O.; SOUZA, E. F. M.; ANDRADE, R. A.; BERGAMIN, A. C. B.; MÜLLER, M. W.. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n.89, p.19-27, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1295>

OADES, J. M.; GILLMAN, G. P.; UEHARA, G.. Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G.. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: Hawaii Press, 1989. p.69-95.

PARRON, L. M.; RACHWAL, M. F. G.; MAIA, C. M. F. F.. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B.. **Serviços ambientais em sistemas agrícola e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p.71-83.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A.. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1591-1600, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>

SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M.. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.667-674, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300020>

SALTON, J. C.; FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; TOMAZI, M.. Manejo do solo em sistema de cultivo anual para a região Centro-Oeste. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: SBCS, 2019. p.843-867.

SILVA, A. N.; FIGUEIREDO, C. C.; CARVALHO, A. M.; SOARES, D. S.; SANTOS, D. C. R.; SILVA, V. G.. Effects of cover crops on the physical protection of organic matter and soil aggregation. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.12, p.1623-1629, 2016. DOI: <http://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.12.PNE164>

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E.; BORCHARTT, L.; SOUZA, M. A.; PEREIRA, W. E.. Propriedades físicas e químicas em diferentes usos do solo no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.4 p.1064-1072, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400023>

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; RIBEIRO, D. O.; BAYER, C.; ROTTA, L. A.. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de "campos de murundus" em

sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V.51, n.9, p.1194-1202, 2016. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900019>

SOUZA, L. S.; MAFRA, A. L.; SOUZA, L. D.; SILVA, I. F.; KLEIN, V. A.. Inter-relação entre manejo e atributos físicos do solo. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: SBCS, 2019. p.193-243.

SOUZA, L. S.; REZENDE, J. O.; SOUZA, L. D.. Manejo de solos coesos em cultivo de citros na Bahia e Sergipe. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: SBCS, 2019. p.935-960.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; VINHAL-FREITAS, I. C.. Mudanças no carbono e nitrogênio em

diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrossilvipastoril. **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p.641-53, 2011.

WINCK, B. R.; VEZZANI, F. M.; DIECKOW, J.; FAVARETTO, N.; MOLIN, R.. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.3, p.980-989, 2014. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300030>

WINK, C.; REINERT, D. J.; MÜLLER, I.; REICHERT, J. M.; JACOMET, L.. A idade das plantações de *Eucalyptus* sp. Influenciando o estoque de carbono. **Ciência Florestal**, v.23, n.2 p.333-343, 2013. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5902/198050989279>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.