Estoque de carbono do solo em sistemas de plantio direto e integração lavoura pecuária no Cerrado, safrinha 2023

Marta Polo[1], Antonio Guilherme Cruvinel[2], Vitoria Ester de David[3], Vladiel de Freitas Almeida Soares das Dores[4], Rodrigo Medeiros da Silva[5], Rose Luiza Moraes Tavares[5]

[1] Engenheira Agrônoma, Universidade de Rio Verde, bolsista de Iniciação Científica, PIBIC/CNPq
[2] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde, bolsista de Iniciação Científica, PIBIC/UniRV
[3] Graduanda em Agronomia, Universidade de Rio Verde
[4] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde, bolsista de Iniciação Científica, PIBIC/UniRV
[5] Técnico de Laboratório, Universidade de Rio Verde
[6] Professor orientador, Universidade de Rio Verde, roseluiza@unirv.edu.br

.

Reitor:
Prof. Dr. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

Resumo: A matéria orgânica do solo (MOS) é constituída principalmente de carbono orgânico total (COT), tendo diferença no seu grau de labilidade com o uso de diferentes sistemas agrícolas de produção, influenciando na decomposição da MOS e ciclagem de nutrientes. Diante do exposto, este estudo teve como objetivo determinar o estoque de carbono em sistemas de plantio direto (SPD) e integração lavoura pecuária (ILP) no ano de 2023, realizado em uma estação experimental com clima classificado como Aw e solo do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. Foram avaliadas 4 áreas, sendo duas sob SPD (6 e 13 anos de histórico de instalação) e duas de ILP (7 e 12 anos de histórico de instalação), além de uma área de vegetação nativa, como referência. Os sistemas agrícolas envolvem o cultivo de soja na primeira safra (verão) e milho em monocultivo (SPD) ou gramínea (ILP) na “safrinha”. Foram feitas avaliações nas camadas de solo de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de: carbono orgânico total e densidade do solo. O SPD com 6 anos possui valores superiores aos demais sistemas em relação ao carbono orgânico total, relacionado ao maior teor de argila da área, além de apresentar valores elevados de estoque de carbono. Em relação a densidade, o ILP com 12 anos de instalação apresenta menores valores na camada de 40-60 cm, indicando uma recuperação física do solo, quando comparada as demais áreas agrícolas avaliadas.

Palavras-Chave: Densidade. Matéria orgânica, safrinha

Soil carbon stock in no-till and integrated crop-livestock systems in the cerrado

Abstract: *Soil organic matter (SOM) consists mainly of total organic carbon (TOC), with a*

difference in its degree of lability with the use of different agricultural production systems, influencing the decomposition of SOM and nutrient cycling. Given the above, this study aimed to determine the carbon stock in no-tillage (NT) and integrated crop-livestock (CL) systems in 2023, carried out in an experimental station with a climate classified as Aw and soil of the Dystrophic RED LATOSSOIL type. Four areas were evaluated, two under NT (6 and 13 years of installation history) and two under CFL (7 and 12 years of installation history), in addition to an area of native vegetation, as a reference. The agricultural systems involve the cultivation of soybeans in the first harvest (summer) and corn in monoculture (NT) or grass (CL) in the "safrinha". Evaluations were made in the soil layers of 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm of: total organic carbon and soil density. The 6-year-old NTS has higher values than the other systems in relation to total organic carbon, related to the higher clay content of the area, in addition to presenting high values of carbon stock. In relation to density, the ILP with 12 years of installation presents lower values in the 40-60 cm layer, indicating a physical recovery of the soil, when compared to the other agricultural areas evaluated.

Keywords: *Bulk density. Organic matter. Dry season*

Introdução

Apesar de contribuir somente com uma pequena percentagem da composição sólida, a matéria orgânica (MOS) é essencial na manutenção do solo, na otimização de processos químicos, físicos e biológicos (CARTER, 2001).

De modo geral, a MOS é todo material que compõe, principalmente: carbono orgânico do solo (COT), compostos de microrganismos, resíduos vegetais/animais e substâncias orgânicas microbiológicas, em estágio inicial ou avançado de decomposição. A quantidade de MOS sofre alterações, conforme o sistema de manejo, como exemplo: os sistemas de plantio direto (SPD) ou integração lavoura-pecuária (ILP) pois, a qualidade e quantidade de palhada pode ser determinante na quantidade de COT (GAZOLLA et al., 2015).

No SPD, os teores de MOS podem ser preservados, pois há uma redução na taxa de decomposição, em função da não-fragmentação dos resíduos e do não-revolvimento do solo. Desta forma, os resíduos permanecem na superfície, tendo uma menor área de contato com o solo. Entretanto, não somente a redução na taxa de decomposição se faz importante, mas também a capacidade do sistema em suprir carbono para o solo (ROSCOE et al., 2006).

Visando elucidar os benefícios destes sistemas de produção, que preconizam a preservação do solo, estudos da qualidade do solo envolvendo tempo de adoção desses sistemas são de extrema importância pois o solo é a base da produção agrícola, disponibilizando: nutrientes, água e amparo físico à planta. Nesse sentido a avaliação da quantidade de matéria orgânica do solo pode gerar respostas sobre o potencial do SPD e ILP em manter ativa as funções do solo, objetivando a mínima interferência possível de ações de manejo como: o revolvimento de solo e uso intensivo de insumos, na tentativa de recuperar ou estabilizar o equilíbrio funcional original do solo.

Assim, este trabalho objetivou determinar o estoque de carbono em sistemas de plantio direto (SPD) e integração lavoura pecuária (ILP) no Cerrado Goiano.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico COMIGO (Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano), em Rio Verde-GO. O clima da região é classificado como Aw (úmido, pequena deficiência hídrica, mesotérmico e evapotranspiração no verão menor que 48%) de acordo com Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928).

A área utilizada para o experimento encontra-se sob as coordenadas 17°45'48'' S e 51°02'14'' W, com altitude de 832 m e é composta de 2,21 ha (sistema de plantio direto) e 2,93 (sistema de integração lavoura-pecuária), sendo o solo classificado como: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e textura argilosa (>35% de argila).

Os tratamentos constam de áreas com diferentes sistemas de cultivo, sendo duas áreas com o sistema de plantio direto (SPD) e duas com o sistema integração lavoura pecuária (ILP) – estabelecidas em anos distintos e uma área de mata nativa, que foi utilizada como referência. A agricultura da região é caracterizada pelo plantio de soja no verão como safra principal e plantio de milho solteiro (SPD) ou

forrageira (ILP) no período de segunda safra. Assim, os tratamentos foram instalados em esquema de faixas experimentais para viabilização das ações de manejo, sendo resumidos conforme descrição abaixo para o ano de 2023:

1) SPD (Soja - Milho por 6 anos) com 47,83 % de argila no solo;
2) SPD (Soja - Milho por 13 anos) com 36,56 % de argila no solo;
3) ILP (Soja - Forrageira por 7 anos) com 36,25 % de argila no solo;
4) ILP (Soja - Forrageira por 12 anos) com 35,79 % de argila no solo e
5) Vegetação nativa (Referência) com 29,59 % de argila no solo.

O manejo de calagem/gessagem e adubação foi feito conforme recomendações técnicas (SOUZA e LOBATO, 2004) sempre com monitoramento anual das condições de acidez e fertilidade do solo avaliadas no fim da entressafra. A amostragem de solo foi realizada no final do período de entressafra (SPD) e final de pastejo (ILP). Para isto, foram coletadas amostras de solo do tipo deformadas nas profundidades: 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm com auxílio de um trado tipo holandês em 4 pontos aleatórios de cada área. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e preparadas em laboratório para obtenção de TFSA (terra fina seca ao ar). Foram coletadas também, amostras do tipo indeformadas nas mesmas profundidades, por meio de trincheiras, para avaliação de densidade do solo.

O carbono orgânico total do solo foi avaliado de acordo com metodologia proposta por Sims & Haby (1971) que tem como princípio a oxidação da matéria orgânica do solo com dicromato de potássio em meio fortemente ácido. Enquanto a densidade do solo foi obtida pela relação entre o solo seco e o volume do anel (anéis de kopeck) utilizado para coleta de solo, seguindo metodologia proposta por Teixeira et al. (2017). A determinação do estoque de carbono foi obtida pela multiplicação do teor de carbono orgânico total (COT), densidade e profundidade avaliada, com o critério de fazer a correção dos valores finais pela camada de massa equivalente de solo.

O modelo estatístico para interpretação de dados foi o de parcelas subdivididas, tendo como primeiro fator os sistemas de produção e segundo as profundidades de solo. Na interpretação de dados, realizou-se a análise de variância e, para comparação de médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software Sisvar (FERREIRA et al., 2019).

Resultados e Discussão

Não houve diferença significativa entre as áreas em relação ao COT nas profundidades de: 0-10 cm e 10-20 cm, cujos valores variaram de 22.95 e 18.73 g kg^{-1}, respectivamente (Tabela 1), possivelmente por estarem em camadas mais superficiais, ou seja, encontram-se maiores concentrações de matéria orgânica proveniente da serrapilheira na área de vegetação nativa e palhada nas áreas agrícolas.

Já nas profundidades de: 20-40 cm e 40-60 cm houve diferença significativa, com destaque para a área de SPD-6, que proporcionou maiores quantidades de carbono orgânico total, sendo 16.68 e 16.54 g kg^{-1}, respectivamente, porém diferiu apenas da área de SPD-13, na camada de 20-40 cm e do ILP-12 na camada de 40-60 cm.

A área de SPD-6 apresentou maiores teores de argila o que pode explicar os maiores teores de Carbono. Mecanismos de adsorção e ligações químicas diversas na superfície das argilas (ex.: pontes catiônicas e de hidrogênio, interações eletrostáticas, forças de Van der Waals) tornam os resíduos orgânicos mais resistentes ao ataque microbiano, sendo apontados como, uma das razões para o relativo acúmulo de MOS, em solos argilosos (HASSINK e WHITMORE, 1997; SCHULTEN e LEINWEBER, 2000).

O teor de C no solo influenciou diretamente os valores do EstC que apresentou mesmo resultado para o COT, com valores de EstC no SPD-6 de com 46.01 e 43.18 kg m^{-2} nas camadas 20-40 e 40-60 cm, respectivamente (Tabela 1).

Quanto ao atributo de densidade do solo, foi observada diferença significativa em todas as profundidades analisadas (Tabela 1). Nota-se que os menores valores foram obtidos na área de vegetação nativa (0.99, 1.10, 1.21 e 1.24 g cm^{-1} nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, respectivamente) quando comparada as demais áreas, sendo uma provável justificativa da ausência de ação antrópica na área de vegetação nativa, permanecendo assim, as características originais do solo.

Na camada de 20-40 cm, observa-se maior densidade nas áreas SPD-6 e ILP-7, pois nesta camada há a formação do chamado "pé de grade", fenômeno que ocorre devido ao uso de implementos agrícolas, sobre o solo, aumentando as tensões geradas em profundidade e o consequente aumento da densidade do solo.

Porém, na camada de 40-60 cm, foi possível observar que, o sistema ILP-12 proporcionou ao solo mesmos valores de densidade do solo sob vegetação nativa (1,24 g cm^{-3}), cujo resultado diferiu significativamente das demais áreas, indicando uma recuperação do solo com o uso a longo prazo de ILP. Este efeito pode ser atribuído ao potencial das gramíneas, instaladas durante o pastoreio, em promover melhorias na qualidade física do solo como a criação de bioporos promovendo maior porosidade no solo (BERTOLLO et al., 2021).

Tabela 1. Valores médios de carbono orgânico total (COT), densidade do solo (Ds) e estoque de carbono (EstC) nas profundidades do solo de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm avaliados em sistemas de plantio direto (SPD) e integração lavoura-pecuária (ILP).

ÁREAS	COT (g kg^{-1})	Ds (g cm^{-1})	EstC (kg m^{-2})
		0-10 cm	
SPD-6	21,39 a	1,25 a	27,29 a
SPD-13	18,55 a	1,37 a	23,66 a
ILP-7	22,03 a	1,40 a	28,11 a
ILP-12	22,22 a	1,35 a	28,35 a
Veg Nat	22,95 a	0,99 b	29,28 a
		10-20 cm	
SPD-6	17,78 a	1,37 a	24,02 a
SPD-13	16,68 a	1,39 a	22,54 a
ILP-7	16,44 a	1,47 a	22,21 a
ILP-12	16,13 a	1,40 a	21,79 a
Veg Nat	18,73 a	1,10 b	25,31 a
		20-40 cm	
SPD-6	16,68 a	1,47 a	46,01 a
SPD-13	11,06 b	1,40 ab	30,51 b
ILP-7	13,51 ab	1,47 a	37,27 ab
ILP-12	14,12 ab	1,32 ab	38,94 ab
Veg Nat	14,28 ab	1,21 b	39,39 ab
		40-60 cm	
SPD-6	16,54 a	1,29 ab	43,18 a
SPD-13	13,26 ab	1,30 ab	34,62 ab
ILP-7	12,43 abc	1,42 a	32,44 abc
ILP-12	8,17 c	1,24 b	21,32 c
Veg Nat	9,84 bc	1,24 b	25,69 bc

SPD-6: Sistema de Plantio Direto 6 anos de instalação; SPD-13: Sistema de Plantio Direto 13 anos de instalação; ILP-7: Integração Lavoura-Pecuária 7 anos de instalação; ILP-12: Integração Lavoura-Pecuária 12 anos de instalação; Veg Nat: Vegetação Nativa. Médias seguidas de mesma letra para cada profundidade do solo, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Conclusão

O Sistema de Plantio Direto com 6 anos obteve maiores valores de carbono orgânico total, relacionado ao maior teor de argila da área e, por consequência, obteve maiores valores de estoque de carbono. Em relação à densidade do solo, o sistema integração lavoura-pecuária com 12 anos de instalação apresentou menores valores, na camada de 40-60 cm, indicando uma recuperação física do solo, quando comparada às demais áreas agrícolas avaliadas.

Agradecimentos

À Universidade de Rio Verde/GO pelo incentivo à Pesquisa com o Programa de Iniciação Científica, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão

de bolsa ao primeiro autor e ao Centro Tecnológico da Cooperativa Comigo de Rio Verde/GO pelas áreas experimentais e apoio na condução do experimento.

Referências Bibliográficas

BERTOLLO, A. M. et al. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 206, n. 1, e104820, 2021. DOI: 10.1016/j.still.2020.104820.

CARTER, M. R. **Organic matter and sustainability.** New York: CABI Publishing, 2001.

FERREIRA, A. DE O. et al. Carbon balance and crop residue management in dynamic equilibrium under a no-till system in Campos Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campos Gerais, v. 36, n. 5, p. 1583–1590, 2012.

GAZOLLA, P. R., GUARESCHI, R. F., PERIN, A., PEREIRA, M. G. E ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-704. 2015.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 131-139, 1997.

KÖPPEN, W. **Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde**, Berlim, Boston: De Gruyter, 1923.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C**. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

SCHULTEN, H. R.; LEINWEBER, P. New insights into organic-mineral particles: composition, properties and molecular structure. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 30, p. 399-432, 2000.

SIMS, J.R.; HABY, V.A. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. **Soil Science**, v. 112, p. 137-141, 1971.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do Solo e Adubação.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.