



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

VITÓRIA EMILLY SOUZA RODRIGUES

**DINÂMICA E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA ÁREA DO INSTITUTO FEDERAL
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS**

MORRINHOS-GO

Novembro/2025



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

VITÓRIA EMILLY SOUZA RODRIGUES

**DINÂMICA E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA ÁREA DO INSTITUTO FEDERAL
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Trogello

MORRINHOS-GO

Novembro/2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

R696d Rodrigues, Vitória Emilly Souza
DINÂMICA E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA ÁREA DO
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS /
Vitória Emilly Souza Rodrigues. Morrinhos 2025.

21f. il.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Trogello.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0422021 -
[MO.GRAD] Bacharelado em Agronomia - Morrinhos (Campus
Morrinhos).

1. Carbono orgânico. 2. Integração pecuária-floresta. 3.
Sistemas de manejo. 4. Vegetação de cerrado nativo. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem resarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)
 Dissertação (mestrado)
 Monografia (especialização)
 TCC (graduação)
 Produto técnico e educacional - Tipo: _____
- Artigo científico
 Capítulo de livro
 Livro
 Trabalho apresentado em evento

Nome completo do autor:

Vitória Emilly Souza Rodrigues

Matrícula:

2021104220210097

Título do trabalho:

DINÂMICA E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA ÁREA DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 31 /01 /2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos GO

30 /01 /2025

Local

Data

Documento assinado digitalmente
 VITORIA EMILLY SOUZA RODRIGUES
Data: 04/02/2026 14:44:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente

 EMERSON TROGELLO
Data: 02/02/2026 09:10:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Ata nº 99/2025 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 16 dias do mês de Dezembro de 2025, às 08:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Emerson Trogello (orientador), Danilo Silva de Oliveira (membro) e Janete Golinski para examinar o Trabalho de Curso intitulado **DINÂMICA E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA ÁREA DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS** da discente **VITÓRIA EMILLY SOUZA RODRIGUES** do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC. Em seguida houve arguição do discente pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante com **NOTA 9,0**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Emerson Trogello

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Enio Eduardo Basilio

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Danilo Silva de Oliveira

Membro

Observação:

O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Emerson Trogello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/12/2025 09:17:46.
- **Danilo Silva de Oliveira, GERENTE - CD4 - GLEP-MO**, em 17/12/2025 11:33:21.
- **Janete Golinski, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/12/2025 12:17:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 775047

Código de Autenticação: a3cfb16471



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família e meus amigos, que tanto me apoiaram e me incentivaram nessa jornada. Dedico ao meu orientador Emerson Trogello, que com seu conhecimento e parceria foi uma peça fundamental para essa realização. E principalmente dedico à Deus, que me capacitou durante toda a minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir realizar mais um sonho, por me proteger e me guiar durante toda jornada acadêmica.

Aos meus colegas, parceiros na realização deste trabalho, Kelly Mellissy e Túlio Rabelo, por todo comprometimento e profissionalismo dedicados.

Aos meus amigos Bruna, Beatriz Aparecida, Beatriz Marques, Mellyssa, Luis, Lyz, Gabriel, Mateus e César, por todo apoio, que foi muito além da realização deste trabalho. Obrigada pelo suporte que vocês me dão sempre que preciso.

À minha família, por todo suporte e paciência nessa trajetória.

A minha amiga Denise Dias, por ter sido a primeira pessoa a me mostrar e incentivar a minha entrada na área da pesquisa acadêmica.

A todos os meus colegas de curso, por converter momentos de desafios e desânimos em recordações de grande felicidade, que levarei comigo por toda vida.

Ao Instituto Federal Goiano Campus-Morrinhos, pela hospitalidade ao longo desses anos e por ser meu lar temporário durante a graduação.

Aos professores, pela sua dedicação em nos transmitir o saber e pelo suporte durante as aulas.

Por último, expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Trogello, por compartilhar seu conhecimento conosco, pelo encorajamento e pelas oportunidades; serei eternamente grata por cada ensinamento adquirido.

RESUMO

O carbono orgânico do solo é um importante indicador de qualidade e sustentabilidade ambiental, estando diretamente relacionado às práticas de manejo e à cobertura vegetal. Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores e frações de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM) em diferentes sistemas de uso do solo na área do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, comparando-os com a vegetação de Cerrado nativo (VC03). As amostras foram coletadas nas profundidades de 0–5 cm e 5–10 cm em quatro sistemas distintos: sucessão soja/milho (SSM03), integração pecuária-floresta (IPF03), pastagem (PA03) e vegetação nativa de Cerrado (VC03). Os resultados evidenciaram diferenças significativas entre os sistemas, com os maiores teores de carbono observados nas áreas sob integração pecuária-floresta (IPF03), seguidas pela sucessão soja/milho (SSM03) e pela pastagem (PA03). O sistema IPF03 apresentou os maiores valores de COT e COAM, indicando maior estabilidade e eficiência na retenção do carbono, enquanto o SSM03 destacou-se pelo maior teor de COP, associado à deposição de resíduos culturais e à rápida ciclagem da matéria orgânica. Em comparação à vegetação de Cerrado nativo, os sistemas cultivados demonstraram aumento no acúmulo de carbono, embora em diferentes intensidades e níveis de estabilidade. Conclui-se que o manejo integrado e diversificado é uma alternativa eficaz para o sequestro e conservação do carbono no solo, contribuindo para a sustentabilidade e a qualidade dos solos do Cerrado.

Palavras chave: carbono orgânico; frações do carbono; sistemas de manejo; Cerrado; sequestro de carbono.

ABSTRACT

Soil organic carbon is an important indicator of environmental quality and sustainability, being directly influenced by management practices and vegetation cover. This study aimed to evaluate the contents and fractions of total organic carbon (TOC), particulate organic carbon (POC), and mineral-associated organic carbon (MAOC) in different land-use systems at the Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, comparing them with the native Cerrado vegetation (VC03). Soil samples were collected at depths of 0–5 cm and 5–10 cm in four distinct systems: soybean–corn succession (SSM03), livestock–forest integration (IPF03), pasture (PA03), and native Cerrado vegetation (VC03). The results showed significant differences among systems, with the highest carbon levels observed in the livestock–forest integration area (IPF03), followed by the soybean–corn succession (SSM03) and the pasture system (PA03). The IPF03 system presented the highest TOC and MAOC values, indicating greater stability and efficiency in carbon retention, while the SSM03 system showed higher POC content, associated with continuous residue input and faster organic matter cycling. Compared to native Cerrado vegetation, cultivated systems promoted an increase in soil carbon accumulation, although with different intensities and stability levels. It is concluded that integrated and diversified management represents an effective strategy for carbon sequestration and conservation, contributing to the sustainability and improvement of soil quality in the Cerrado biome.

Keywords: soil organic carbon; carbon fractions; management systems; Cerrado; carbon sequestration.

Sumário

| | |
|------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO | 8 |
| OBJETIVOS | 10 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 10 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 16 |
| CONCLUSÃO..... | 19 |
| REFERÊNCIAS | 20 |

INTRODUÇÃO

O carbono orgânico do solo é um dos principais indicadores de qualidade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres, sendo diretamente influenciado pelo manejo adotado e pelo tipo de cobertura vegetal presente (SANTOS et al., 2018). Sua importância está associada à manutenção da fertilidade, à estruturação do solo, à capacidade de retenção de água e à regulação do fluxo de gases do efeito estufa, especialmente o CO₂ (SILVA; MENDES, 2020).

No Cerrado brasileiro — um dos biomas mais biodiversos do planeta e também um dos mais impactados pela conversão de áreas nativas em sistemas agrícolas —, o manejo do solo tem papel decisivo sobre a dinâmica do carbono orgânico (CARVALHO et al., 2021). A substituição da vegetação natural por sistemas agrícolas, como pastagens e cultivos anuais, pode alterar profundamente os estoques e as frações de carbono, reduzindo a matéria orgânica e a estabilidade dos agregados do solo (LOSS et al., 2019).

As frações do carbono orgânico — como o carbono particulado, o associado aos minerais e o carbono microbiano — refletem processos distintos de decomposição e estabilização da matéria orgânica, sendo parâmetros essenciais para compreender o equilíbrio entre adição e perda de carbono (FERREIRA et al., 2022). A adoção de práticas conservacionistas, como o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tem se mostrado promissora na recuperação dos teores de carbono e na melhoria da qualidade biológica do solo (BALBINO et al., 2017).

No entanto, a magnitude dessas alterações depende fortemente das condições locais, do histórico de uso e da intensidade do manejo. Dessa forma, estudos comparativos entre diferentes sistemas são fundamentais para avaliar o impacto antrópico e identificar estratégias mais eficientes para o sequestro e a estabilidade do carbono no solo (SOUZA et al., 2020).

O ponto de referência mais adequado para esses estudos é a vegetação nativa do Cerrado, que representa o equilíbrio natural entre entrada e saída de carbono no solo, sem interferência antrópica. A partir dessa referência, é possível mensurar o quanto cada sistema produtivo contribui para o acúmulo ou para a perda de carbono, permitindo inferir seu potencial de sustentabilidade (PEREIRA; LIMA, 2021).

Com base no exposto e considerando a relevância do carbono orgânico como indicador de qualidade do solo e mitigador das mudanças climáticas, este trabalho tem como objetivo avaliar os diferentes teores e frações de carbono em solos sob distintos sistemas de uso na área do Instituto Federal Goiano, comparando-os com a vegetação de Cerrado nativo.

OBJETIVOS

- Avaliar os teores de Carbono Orgânico Total (COT) nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade no solo dos diferentes sistemas;
- Avaliar os teores de Carbono Orgânico Particulado (COP) nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade no solo dos diferentes sistemas;
- Avaliar os teores de Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM), nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade no solo dos diferentes sistemas;
- Comparar os diversos sistemas de uso do solo no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, com os dados obtidos ao avaliar o solo do cerrado nativo da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas nas diversas áreas do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, localizado no KM 633 da BR-153, que apresenta em média uma altitude de 850 metros. Durante um ano foram coletadas amostras de solo em 4 diferentes sistemas, em 2 profundidades diferentes (Tabela 1).

Sendo os sistemas: área de monocultura com sucessão soja/milho (SSM03); área de Integração Pecuária Floresta (IPF03), com árvores de eucalipto transplantadas em 2018 apresentando um espaçamento de 10 x 4 m, onde entre os renques se encontra a forrageira piatã; área de pastagem com predominância de *Brachiaria brizantha* (PA03); e uma área de vegetação de Cerrado típico da região (VC03). Em cada uma foram coletadas 4 amostras

simples, em cada profundidade, para a obtenção de uma composta de 0-5cm e uma composta de 5-10 cm por área (Tabela 1).

Na região da IF, a) SSM03: ao longo dos últimos cinco anos, tem sido adoptada a prática de rotação entre soja (sendo semeada pela primeira vez em outubro ou novembro) e milho (plantado em fevereiro ou março). Para ambos os cultivos, foi implementado o sistema de cultivo mínimo, que reduz a perturbação do solo. Além disso, foram aplicadas adubações corretivas e de manutenção para essas culturas. No plantio da soja, foi incorporado um total de 300 kg de 00-20-20 por hectare, enquanto para o milho, usou-se cerca de 400 kg de 04-14-08 por hectare como adubação de base. Ademais, na cultura do milho, foram aplicados 150 kg de ureia para cobertura. b) IPF03: para estabelecer o componente arbóreo em janeiro de 2018, foi realizada a covação, acompanhada pela adubação dos buracos com 150 g do fertilizante 11-52-00 e 50 g do 00-00-60 por planta. O transplante ocorreu em 23 de janeiro de 2018, durante a época de chuvas, para garantir condições favoráveis ao enraizamento das mudas. Quarenta e cinco dias após o transplante, foi aplicada uma adubação com ácido bórico na dose de 10 g por planta. As atividades de manejo incluíram o desrama dos eucaliptos até 0,5 m entre 18 e 26 de outubro de 2018, com o intuito de remover ramos que competem e facilitar a aplicação do dessecante na área. Em 12 de novembro de 2018, foi feita a dessecação total da área, exceto para os filetes de eucaliptos, com o herbicida Glifosato (3 L p.c ha-1), visando a plantação de milho. O milho, que faz parte do componente "L" do sistema ILPF, foi semeado com a variedade 30F35VYHR da Pioneer, com um espaçamento de 0,5 m entre linhas, totalizando 76000 sementes por hectare. O *Panicum maximum* cv. BRS Zuri foi semeado em consórcio com o milho, em uma densidade de 9,37 kg/ha. A colheita do milho juntamente com o *Panicum maximum* para silagem ocorreu nos dias 14 e 15 de março, utilizando uma máquina automotriz com cabeçote de 6 metros, em uma área total de 5,6 ha, resultando em uma produtividade de 41,42 toneladas por hectare. Uma nova desrama dos eucaliptos foi realizada entre 11 e 20 de março de 2019, elevando o desramamento até a altura de 1,80 m. Nos dias 01 e 02 de abril de 2019, foi

feita uma adubação de cobertura do componente "F" com ácido bórico, aplicando 20 g por árvore. No componente "L", foi introduzido girassol (50.000 plantas/ha) em consórcio com o capim BRS Piatã (8 kg/ha), com a colheita para silagem programada para 01 de julho de 2019. Após a silagem do girassol, o componente forrageiro permaneceu na área do sistema. Devido a restrições logísticas para a entrada de gado no final de 2019, decidiu-se por incluir o componente animal em fevereiro de 2020, promovendo uma roçagem da área em março de 2020, para uniformizar a vegetação e garantir um rebrote adequado, preparando o espaço para os animais. Com relação às adubações de cobertura do componente "F", em 21 de janeiro de 2020, aplicou-se 200 g do fertilizante 20-00-20, e em 28 de abril de 2020, foram aplicados 20 g de ácido bórico, ambos a lanço, cobrindo as árvores de eucalipto; c) PA03: a pastagem de *Brachiaria Brizantha* não recebeu nenhum manejo de adubação por mais de 5 anos, desde o início das atividades no componente IPF que é vizinho à área.; e d) VC03: o componente florestal adjacente à área de IPF, onde predominam monocultivo e pastagens, é um fragmento de cerrado classificado como Cerrado Ralo, caracterizado por uma baixa densidade arbórea.

Tabela 1. Esquema das amostras em relação aos sistemas e a profundidade.

| Sistema | 0-5 cm | 5-10 cm |
|----------------|---------------|----------------|
| SSM03 | 4 | 4 |
| IPF03 | 4 | 4 |
| PA03 | 4 | 4 |
| VC03 | 4 | 4 |

SSM03: Sucessão Soja e Milho da área IF; IPF03: Integração Pecuária-Floresta da área IF; PA03: Pastagem da área IF; VC03: Vegetação de Cerrado típico da área IF.



Figura 1. Mapa das áreas analisadas.



Figura 2. GPS utilizado para fazer o mapeamento.



Figura 3. Coleta na área IPF03.



Figura 4. Coleta na área SSM03.



Figura 5. Coleta na área VC03.



Figura 6. Coleta na área PA03.

Para a realização das coletas foi necessário abrir cavidades de 50 x 50 cm, com profundidade de aproximadamente 50 cm. Com o auxílio de um trado para coleta de solo, trena, espátula e embalagens plásticas adequadas foram retiradas as amostras.

Das 4 áreas, 3 são adjacentes entre si, uma fica um pouco mais afastada, mas todas correspondem ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. As coletas foram realizadas do dia 30 de novembro de 2022 até 13 de dezembro de 2022.

Logo após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório de solos da instituição para a devida separação e organização, para o envio das mesmas à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foram analisadas. Foram avaliados os seguintes tributos:

- Carbono Orgânico Total (COT), nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm: foi determinado por meio da oxidação da matéria orgânica, de acordo com o método descrito por Yeomans & Bremner (1988).
- Carbono Orgânico Particulado (COP), nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm: corresponde ao carbono orgânico associado às partículas de areia (partículas maiores que 53 μm).
- Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM), nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm: corresponde ao carbono orgânico associado às frações de silte e argila (partículas menores que 53 μm).



Figura 7 e 8. Identificação e manuseio das amostras.



Figura 9. Amostras embaladas e identificadas, prontas para seguirem para o local de análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciaram diferenças marcantes entre os sistemas de uso do solo em relação aos teores de carbono orgânico. O Carbono Orgânico Total (COT) apresentou variações significativas entre as camadas avaliadas (0–5 cm e 5–10 cm), com valores mais elevados nas áreas sob integração pecuária-floresta (IPF03) e sucessão soja/milho (SSM03), quando comparadas à vegetação nativa do Cerrado (VC03). Esses incrementos estão relacionados à deposição constante de resíduos culturais e ao maior aporte de biomassa nas áreas manejadas, o que favorece a acumulação de carbono no solo. Em contrapartida, o sistema de pastagem (PA03) apresentou valores intermediários, refletindo o equilíbrio entre adição de material orgânico pela vegetação forrageira e a decomposição acelerada pela mineralização da matéria orgânica superficial.

Conforme podemos observar na Tabela 2, os teores de carbono das áreas onde se tem o desenvolvimento de alguma atividade agrícola, tiveram aumento em relação a área de vegetação nativa de cerrado na camada de 0-5 cm. Já na Tabela 3, podemos ver a diferença percentual das demais áreas em relação à referência.

Tabela 2. Quantitativo de Carbono em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo na profundidade de 0-5 cm.

| Área | COT | COP | COAM |
|------|-----|-----|------|
|------|-----|-----|------|

| | | | |
|--------------|-------|------|-------|
| SSM03 | 24,61 | 4,10 | 21,86 |
| IPF03 | 33,20 | 4,92 | 28,28 |
| PA03 | 26,87 | 3,71 | 23,75 |
| VC03 | 14,63 | 2,21 | 12,42 |

SSM03: Sucessão Soja e Milho da área IF; IPF03: Integração Pecuária-Floresta da área IF; PA03: Pastagem da área IF; VC03: Vegetação de Cerrado típico da área IF; carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM).

Tabela 3. Aumento percentual de Carbono em relação a área de vegetação nativa de cerrado na profundidade de 0-5 cm.

| Área | COT | COP | COAM |
|--------------|------|------|------|
| SSM03 | 68% | 86% | 76% |
| IPF03 | 127% | 123% | 128% |
| PA03 | 84% | 68% | 91% |

Valores com referencial em VC03.

SSM03: Sucessão Soja e Milho da área IF; IPF03: Integração Pecuária-Floresta da área IF; PA03: Pastagem da área IF; VC03: Vegetação de Cerrado típico da área IF; carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM).

De modo semelhante, os teores de Carbono Orgânico Particulado (COP) mostraram-se mais elevados nas camadas superficiais, principalmente no sistema IPF03, indicando maior entrada de resíduos orgânicos recentes e decompostos parcialmente. Essa fração do carbono é sensível às mudanças de manejo e representa a matéria orgânica mais lábil, responsável pela rápida ciclagem de nutrientes. Estudos como o de Loss et al. (2019) corroboram esses resultados ao destacarem que sistemas com maior diversidade de espécies vegetais e presença de árvores, como o ILPF, aumentam a quantidade de carbono particulado devido à maior heterogeneidade de resíduos e à menor exposição do solo. Já a área de Cerrado nativo (VC03) apresentou os menores valores de COP, o que pode ser explicado pela menor incorporação de resíduos recentes, já que o equilíbrio ecológico do sistema natural mantém a entrada e saída de carbono mais estáveis ao longo do tempo.

Já na camada de 5-10 cm, apesar do quantitativo de carbono em g.kg⁻¹ de solo (Tabela 4) ter sido um pouco menor que na camada mais superficial, a diferença percentual em relação à referência solo de vegetação nativa do cerrado (Tabela 5).

Tabela 4. Quantitativo de Carbono em g.kg⁻¹ de solo na profundidade de 5-10 cm.

| Área | COT | COP | COAM |
|--------------|-------|------|-------|
| SSM03 | 18,82 | 2,51 | 15,63 |
| IPF03 | 19,22 | 2,28 | 16,93 |
| PA03 | 21,88 | 1,57 | 20,31 |
| VC03 | 8,80 | 0,34 | 8,47 |

SSM03: Sucessão Soja e Milho da área IF; IPF03: Integração Pecuária-Floresta da área IF; PA03: Pastagem da área IF; VC03: Vegetação de Cerrado típico da área IF; carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM).

Tabela 5. Aumento percentual de Carbono em relação a área de vegetação nativa de cerrado na profundidade de 5-10 cm.

| Área | COT | COP | COAM |
|--------------|------|------|------|
| SSM03 | 114% | 638% | 85% |
| IPF03 | 118% | 571% | 100% |
| PA03 | 149% | 362% | 140% |

Valores com referencial em VC03.

SSM03: Sucessão Soja e Milho da área IF; IPF03: Integração Pecuária-Floresta da área IF; PA03: Pastagem da área IF; VC03: Vegetação de Cerrado típico da área IF; carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM).

Em relação ao Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM), os maiores teores foram observados nos sistemas IPF03 e PA03, especialmente na camada de 5–10 cm de profundidade. Essa fração representa o carbono mais estável e protegido fisicamente pelas partículas minerais do solo. O aumento do COAM nessas áreas pode estar ligado à maior complexação entre matéria orgânica e argilominerais, resultante do maior teor de argila e da presença de raízes profundas que promovem agregação e proteção da matéria orgânica (FERREIRA et al., 2022). Já na vegetação de Cerrado (VC03), embora o COAM seja naturalmente presente, os valores foram inferiores, refletindo a ausência de distúrbios antrópicos e a dinâmica natural de

estabilização da matéria orgânica, que tende a se manter em equilíbrio entre formação e decomposição.

Comparando os sistemas avaliados, observa-se que o IPF03 apresentou o melhor desempenho geral quanto ao acúmulo e à estabilidade do carbono, tanto nas formas particuladas quanto minerais. Esse comportamento reforça a eficiência dos sistemas integrados na recuperação da matéria orgânica e no sequestro de carbono, conforme apontado por Balbino et al. (2017), que destacam a integração lavoura-pecuária-floresta como uma estratégia eficiente para melhorar a qualidade do solo e mitigar emissões de gases do efeito estufa. O sistema SSM03 também demonstrou resultados expressivos na fração particulada, evidenciando o efeito positivo da rotação de culturas sobre o aporte de resíduos e a ciclagem do carbono. Por outro lado, o sistema de pastagem (PA03) apresentou valores intermediários de COT e COAM, possivelmente devido à menor diversidade de espécies e ao acúmulo superficial de matéria orgânica em detrimento da profundidade.

De forma geral, os resultados indicam que os sistemas agrícolas e integrados promovem aumento dos teores de carbono no solo em comparação ao Cerrado nativo (VC03), porém com diferentes dinâmicas de acúmulo e estabilidade. Enquanto o IPF03 apresenta maior potencial de sequestro e proteção do carbono, o SSM03 favorece o acúmulo de carbono lábil e o PA03 mantém teores intermediários, refletindo menor eficiência no longo prazo. Assim, os resultados obtidos neste estudo confirmam que o tipo de manejo exerce influência direta sobre a dinâmica do carbono no solo, sendo o uso de sistemas diversificados e integrados a estratégia mais promissora para aumentar a sustentabilidade e a fertilidade dos solos do Cerrado.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que os diferentes sistemas de uso do solo avaliados na área de Morrinhos influenciam significativamente a dinâmica do carbono, tanto em sua forma total quanto nas frações particulada e mineral. O sistema de integração pecuária-floresta (IPF03) destacou-se por apresentar os maiores teores de carbono orgânico total (COT) e carbono associado aos minerais (COAM), evidenciando maior estabilidade e eficiência na retenção de carbono no solo. O

sistema de sucessão soja/milho (SSM03) apresentou incremento relevante no carbono particulado (COP), associado ao aporte contínuo de resíduos culturais e à ciclagem mais rápida da matéria orgânica, enquanto o sistema de pastagem (PA03) mostrou valores intermediários, refletindo menor diversidade e atividade biológica. Quando comparados à vegetação de Cerrado nativo (VC03), os sistemas cultivados demonstraram capacidade de promover o acúmulo de carbono, embora em diferentes intensidades e níveis de estabilidade. Assim, conclui-se que o manejo integrado e diversificado, como o adotado no IPF03, representa uma estratégia eficiente para o sequestro e a conservação do carbono no solo, contribuindo para a sustentabilidade e para a melhoria da qualidade dos solos do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINS, A. P.; ALVARENGA, R. C. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: inovação com integração de sistemas produtivos no Brasil.** *Revista Ceres*, Viçosa, v. 64, n. 6, p. 548-556, 2017.
- GAMBÔA, Antonino José Jacques; OLIVEIRA NETTO, Fernandez de. **Atributos edáficos na avaliação da qualidade da terra sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Cerrado goiano.** 2023. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. **Estoque e frações do carbono orgânico em solos sob diferentes usos e manejos no Cerrado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 45, e0200043, 2021.

FERREIRA, A. O.; SOUZA, R. A.; MENDONÇA, E. S.; FIGUEIREDO, C. C. **Carbono orgânico do solo e suas frações em diferentes sistemas de uso no bioma Cerrado.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 57, e0220009, 2022.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; COSTA, E. M. **Dinâmica da matéria orgânica e agregação do solo em sistemas agrícolas no Cerrado.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 49, n. 8, e20180876, 2019.

PEREIRA, L. M.; LIMA, R. C. **Vegetação nativa do Cerrado como referência de sustentabilidade em estudos de carbono do solo.** *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, v. 15, n. 3, p. 412-425, 2021.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** 3. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2018.

SILVA, J. E.; MENDES, I. C. **Matéria orgânica do solo e sua relação com o sequestro de carbono em ecossistemas agrícolas.** *Embrapa Cerrados – Documentos 356*, Planaltina, DF, 2020.

SOUZA, D. M. G.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Mudanças nos teores e estoques de carbono em solos sob diferentes sistemas de manejo agrícola.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 24, n. 5, p. 343-351, 2020.