

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE MUNDO NOVO
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JOSÉ VICTOR HUGO DOS SANTOS

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO COM HISTÓRICO DE LONGA
DURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO, MS**

Mundo Novo - MS

Novembro/2020

JOSÉ VICTOR HUGO DOS SANTOS

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO COM HISTÓRICO DE LONGA
DURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO, MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset

Mundo Novo – MS

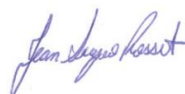
Novembro/2020

JOSÉ VICTOR HUGO DOS SANTOS

**CARBONO MINERALIZÁVEL DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO COM HISTÓRICO DE LONGA
DURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO, MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau Tecnólogo em Gestão Ambiental.

APROVADO EM 09 de dezembro de 2020



Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset - Orientador - UEMS _____



Prof^ª. Dr^ª. Selene Cristina de Pierri Castilho - UEMS _____



Tec. Amb. Me. Jefferson Matheus Barros Ozório - UEMS _____

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela dádiva da vida e por toda graça alcançada, sem Ele a realização deste trabalho não seria possível, Ele é quem nos fortalece e nos encoraja a seguir sempre em frente e passar por todos os obstáculos.

Meu agradecimento se estende a muitas pessoas que direta ou indiretamente participaram da realização do presente feito.

O meu maior agradecimento vai ao Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset, que aceitou ser meu orientador e não mediu esforços para auxiliar durante toda a caminhada do projeto desenvolvido, buscando sempre compartilhar seus ensinamentos de maneira didática. Foi um enorme prazer aprender ao lado de um profissional da educação tão bem qualificado e ético.

Agradeço a minha família pelo enorme acolhimento e por confiar no meu potencial, apoiando minhas escolhas sem julgamentos, em especial a minha mãe Cleide Gomes, que diversas vezes me deu colo diante das minhas tristezas e lamentações. Meu amor pela família é imensurável e meu agradecimento é eterno.

Sou grato a todos amigos que fizeram parte da minha caminhada acadêmica, especialmente a Grazielle Moraes, que foi minha fiel companheira e passou muitas dificuldades ao meu lado, amor e felicidade são as palavras que definem essa amizade, ao Elvis, que dispôs de sua casa nos momentos de necessidade sempre oferecendo o melhor.

Reconheço ainda o enorme esforço do meu colega doutorando Jefferson Matheus Barros Ozório, que foi peça essencial na concretização do presente trabalho, seu conhecimento e sua dedicação é admirável.

Não posso deixar de agradecer aos meus chefes Dr. Alex Fernandes e a Dr^a. Josiane Nogueira pela flexibilização de horários, e principalmente aos meus colegas de trabalho Fabrícia Dias, Joice Paula, Bruno de Abreu, Tarciso Fernandes e Rodrigo Contini que conseguiram se adaptar nas minhas ausências e por inúmeras vezes fizeram a minha função na empresa, a vocês minha enorme gratidão e carinho.

Agradeço ainda aos meus colegas de projeto, Ozielly Maiane, Andréa dos Santos, Wesley Vieira e Giovana que colaboram muito para realizar o projeto, agradeço também a Cineia Aparecida que juntamente com os demais auxiliou na coleta de amostras.

Agradeço imensamente a Prof^a. Dr^a. Selene Cristina de Pierri Castilho por aceitar orientar o projeto de iniciação científica, sua colaboração foi de extrema importância para a realização do presente trabalho, seu profissionalismo é admirável.

Por fim, um imenso agradecimento a Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul que financiou a pesquisa de iniciação científica, e um notável agradecimento a Unidade de Mundo Novo e toda sua equipe de funcionários que nos proporcionam uma capacitação única e de qualidade.

“Não sei como o mundo me vê; mas eu me sinto como um garoto brincando na praia, contente em achar aqui e ali uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita, tendo sempre dentro de mim, ainda por descobrir, o grande oceano da verdade”

Isaac Newton (1642-1727)

RESUMO

A avaliação da qualidade do solo de áreas cultivadas e nativas é realizada através de análises de vários atributos, dentre os quais, os atributos biológicos se destacam por serem sensíveis a modificações no uso e ocupação do solo em curto período de tempo. O objetivo do presente trabalho foi quantificar os teores de carbono orgânico total (COT) do solo e a evolução diária e a emissão total de carbono mineralizável (C-CO₂) do solo em diferentes sistemas de manejo com histórico conhecido de longa duração no município de Eldorado, MS. Deste modo, foram avaliadas no total quatro áreas, sendo três manejadas: pastagem permanente (PP), sistema plantio direto (SPD) e Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), além de uma área de Mata Nativa (MN) de vegetação de Mata Atlântica com fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual (sem alterações antrópicas) adjacente. Em cada uma das quatro áreas estudadas, amostras de solo foram coletadas em cinco repetições na camada de 0-0,05 m. O COT foi determinado via úmida. Para avaliar a liberação do C-CO₂ foi utilizado o método da incubação de solo em laboratório com medições em intervalos de 24 h nos primeiros 7 dias, de 48 h entre o 8º e 17º dia e de 96 h até o 49º dia de avaliação. Os resultados obtidos foram analisados em delineamento inteiramente casualizado. Para os teores de COT, a área de SPD foi a que mais se assemelhou a área de MN. Já as diferentes formas de manejo nas áreas de PP e RPPN reduziram COT do solo. As áreas de PP, RPPN e SPD tiveram menos picos de emissão diários, bem como menor acúmulo total de emissão de C-CO₂, em relação a MN. As três áreas manejadas apresentaram comportamento similar na emissão diária e acúmulo de C-CO₂ do solo.

Palavras-chave: Emissão de C-CO₂. Qualidade do solo. Unidade de Conservação.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. Metodologia.....	10
3.1 Caracterização da área de estudo.....	10
3.2 Realização das coletas de solo.....	13
3.3 Processamento das amostras e análises realizadas.....	14
4. Resultados e Discussão	17
4.1 Carbono Orgânico Total	17
4.2 Evolução Diária de Emissão de C-CO ₂	18
4.3 Acúmulo da Emissão de C-CO ₂	20
5. Considerações Finais.....	21
Referências	22

1. INTRODUÇÃO

A redução dos estoques de carbono (C) em áreas de cultivo anteriormente ocupadas por vegetação nativa se dá pela oxidação da matéria orgânica do solo (MOS), que é exposta a fatores que potencializam a sua decomposição, não sendo compensada por entrada de material orgânico ao longo do tempo (SALES et al., 2018). A intervenção antrópica através de práticas agropecuárias inadequadas, reduz o estoque de carbono (EstC) no solo a patamares inferiores ao encontrado em condições de matas nativas (ASSUNÇÃO et al., 2019; FALCÃO et al., 2020; FREITAS et al., 2018; OZÓRIO et al., 2019; ROSSET et al., 2014; 2016; 2019; TROIAN et al., 2020).

A MOS, através da determinação do conteúdo de C orgânico, é um dos indicadores sensíveis em detectar alterações na qualidade do ambiente edáfico (BORGES et al., 2015). O conteúdo de MOS/C se relaciona com vários aspectos de qualidade do ambiente edáfico, citando-se a contribuição no aumento da resistência do solo a ação dos processos erosivos (GUIMARÃES et al., 2012), elevação da taxa de infiltração da água no solo (SOUZA et al., 2017), promoção da estabilidade de agregados do solo pela ação cimentante (FALCÃO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020; OBOUR et al., 2018; ROSSET et al., 2019), aumento da porosidade do solo (LIANG et al., 2019), diminuição da compactação (REIS et al., 2018), aumento da quantidade, diversidade e atividade de macro, meso e microrganismos (FERREIRA et al., 2019; BERUDI et al., 2015; MADARI et al., 2009) entre outras características essenciais.

A dinâmica da MOS é discutida pelo papel que o solo desempenha no sequestro de C atmosférico, mitigando os efeitos de alterações climáticas em níveis globais (MAGALHÃES et al., 2016). Em ambientes naturais, o EstC encontra-se em equilíbrio entre as taxas de entrada e saída, e quando estes ambientes apresentam algum tipo de perturbação que influencie na deposição de material vegetal sobre o solo (BARROS; FEARNSIDE, 2016), acaba por modificar a dinâmica do estoque de C nessas áreas (KOVEN et al., 2017). Porém, em muitos casos, somente a quantificação do C não é suficiente para identificação de possíveis modificações na qualidade do ambiente edáfico (SINGOR et al., 2014).

Desta forma, a avaliação de atividade microbiana através da taxa de emissão de dióxido de carbono (CO₂), denominado de carbono mineralizável (C-CO₂), se configura como importante ferramenta para avaliação da sustentabilidade de um ambiente natural ou manejado (ROSSET et al., 2019), uma vez que a adição de quantidades consideráveis de C estimula a atividade desses microrganismos, com vistas na melhoria da qualidade edáfica (WADE et al., 2018).

As inter-relações entre o conteúdo de C e a atividade microbiana no solo através da emissão de C-CO₂ com os demais atributos edáficos, tem o potencial de controlar os processos e os aspectos relacionados à sua dinâmica de tal forma, que qualquer alteração pode afetar diretamente a estrutura e atividade biológica do solo e, conseqüentemente, sua qualidade (CARNEIRO et al., 2009) em curto período de tempo em diferentes sistemas de manejo (ROSSET et al., 2019). Desta forma, estudos regionalizados considerando o tipo de solo, clima, formas de cultivos, entre outras variáveis específicas, são fundamentais para o entendimento da modificação da qualidade edáfica em relação a quantidade/qualidade do C aportado ao solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Quantificar o carbono orgânico total, a evolução diária e a emissão total de carbono mineralizável do solo em diferentes sistemas de manejo com histórico conhecido de longa duração no município de Eldorado, MS.

2.2 Objetivos Específicos

Quantificar os teores de carbono orgânico total do solo.

Quantificar a evolução diária de carbono mineralizável em amostras de solo dos diferentes sistemas de manejo incubadas em laboratório.

Quantificar a emissão total de carbono mineralizável do solo ao final do experimento de incubação.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A coleta de solo foi realizada em quatro áreas com sistemas de manejo diferenciados, conduzidos com histórico conhecido de longa duração no distrito de Porto Morumbi, município de Eldorado, região Cone-sul do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil (Figura 1). As quatro áreas se localizam entre as coordenadas 23°48' de latitude S e 54°06' de longitude W, com altitude média de 272 metros, com clima classificado pelo sistema internacional de Köppen (PEEL et al., 2007), como subtropical (Cfa), no qual apresenta média de precipitação variando de 1.400 a 1.700 mm.

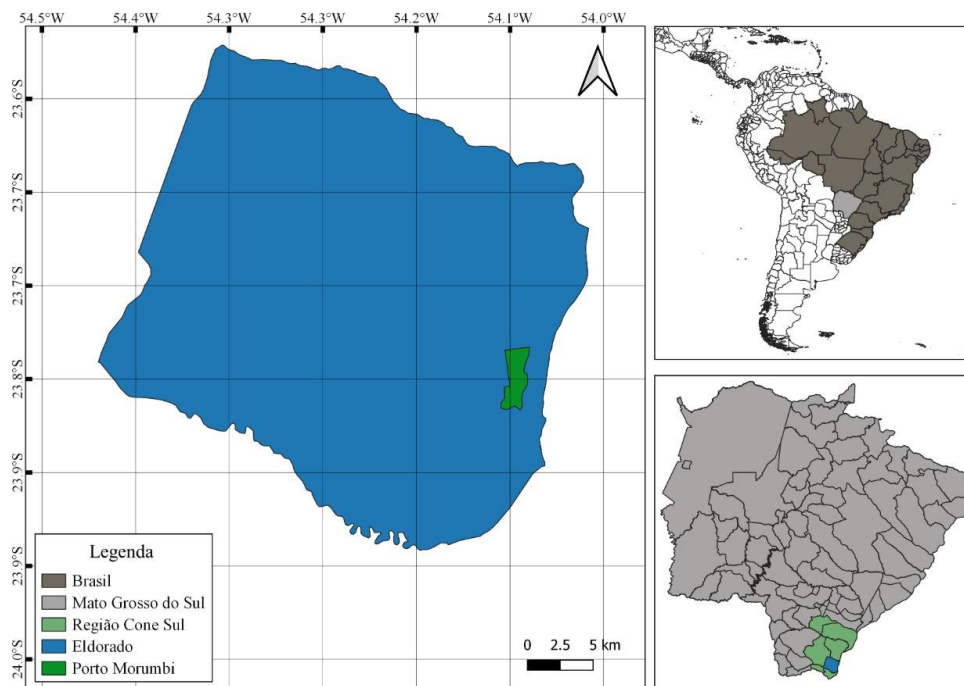


Figura 1. Mapa temático da localização do Distrito de Porto Morumbi, município de Eldorado Mato Grosso do Sul. (Fonte: QGIS, versão 3.12 SIRGAS 2000).

O município de Eldorado, onde se conduziu o estudo, apresenta predomínio de solos classificados como Argissolos de textura arenosa/média e média/argilosa, com fertilidade natural variável, sendo que ao norte do município tem-se a presença de Latossolo Vermelho-escuro de textura média e, às margens do rio Paraná a ocorrência de solo orgânico, ambos com baixa fertilidade natural (SANTOS et al., 2018; SEMADE, 2015).

Foram estudadas quatro diferentes áreas, analisadas em delineamento inteiramente casualizado, sendo três áreas manejadas e uma área de Mata Nativa adjacente (MN - Vegetação de Mata Atlântica, com fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual) sem ação antrópica.

As três áreas manejadas compreendem:

1. Pastagem permanente com a espécie *Brachiaria brizantha* (PP);
2. Sistema plantio direto na sucessão de culturas soja (verão) e milho (segunda safra) (SPD);
3. Área de Reserva Particular de Patrimônio Natural em processo de regeneração natural com vegetação secundária (RPPN).

Todas as quatro áreas estudadas possuem solo classificado como Argissolo Vermelho-amarelo distrófico de textura arenosa (SANTOS et al., 2018), e se encontram localizadas no distrito de Porto Morumbi, município de Eldorado, Mato Grosso do Sul (Figura 1), sendo

inseridas dentro da Área de Preservação Ambiental (APA) das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (ICMBio, 2019).

As quatro áreas estudadas apresentam características específicas de manejo de acordo com a apresentação na Tabela 1, demonstradas em imagens na Figura 2 e representação cronológica das diferentes formas de uso nas áreas, na Figura 3.

Tabela 1. Histórico e descrição das diferentes áreas estudadas no distrito de Porto Morumbi, no município de Eldorado, MS.

Área	Histórico de manejo
PP	Área de 5 hectares. Cultivada com a espécie <i>Brachiaria brizantha</i> Hochst Stapf cv. MG4 de forma permanente a 10 anos. Área de pastejo de animais de corte com lotação de 1,2 UA ha ⁻¹ .
SPD	Área de 50 hectares. Cultivada com o sistema plantio direto na sucessão de culturas de soja (verão) e milho (segunda safra), sendo este tipo de sistema realizado na área a 10 anos.
RPPN	Área de 15 hectares. Reserva Particular de Patrimônio Natural - Remanescente florestal do bioma Mata Atlântica em processo de regeneração natural a 2 anos.
MN	Área de 20 hectares. Vegetação nativa de Mata Atlântica - Floresta Estacional Semidecidual. Representada no trabalho como condição original do solo, sem ação antrópica.

PP: Pastagem Permanente, SPD: Sistema Plantio Direto, RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural, MN: Mata Nativa.



Figura 2. Fotos das diferentes áreas estudadas. PP: Pastagem Permanente (A). SPD: Sistema Plantio Direto (B). RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural em processo de regeneração (C). MN: Mata Nativa (D).

Com exceção da área de MN, todas as demais três áreas passaram por modificações no uso e manejo do solo, conforme se demonstra a Figura 3.

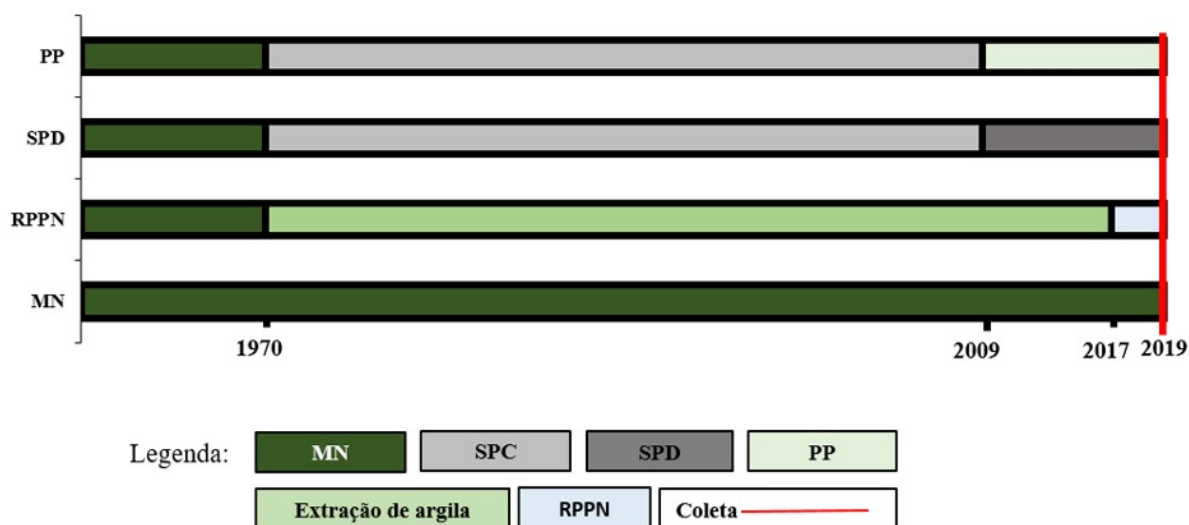


Figura 3. Histórico cronológico das modificações dos diferentes sistemas de manejo estudados. PP: Pastagem Permanente. SPD: Sistema Plantio Direto. RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural em processo de regeneração. MN: Mata Nativa

A área da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) intitulada de “Ernesto Vargas Baptista”, foi instituída no ano de 2019 através da Resolução Semagro 670, estando inserida em um mosaico de áreas de conservação estabelecidas nos dois lados do Rio Paraná, formando um extenso corredor de biodiversidade que se liga ao Parque Nacional do Iguaçu. A RPPN está localizada no Bioma Mata Atlântica, em área definida como de prioridade extremamente alta para conservação pelo Ministério do Meio Ambiente. A reserva foi classificada pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - Imasul, como “Wetland” que por definição são áreas úmidas e muito frágeis com grande importância para a preservação (local de reprodução, abrigo, fonte de alimentos para fauna local e migratória – aves) (UEMS, 2019). Até o ano de 2017, antes da criação da RPPN, grande parte da área era utilizada para extração de argila com fins de processamento nas olarias e cerâmicas da região. Esse processo desencadeou certo grau de degradação da área, sendo então posteriormente isolada para a criação da RPPN, com a vegetação em processo de regeneração natural.

3.2 Realização das coletas de solo

Em cada uma das quatro áreas estudadas, amostras compostas de solo foram coletadas em cinco repetições, sendo que cada amostra composta foi representada por cinco amostras simples na camada de 0-0,05 m (Figura 4). Após a coleta, as amostras foram colocadas sob

refrigeração para posteriores análises de evolução de C-CO₂ (carbono mineralizável) em laboratório.



Figura 4. Coleta de amostras deformadas de solo nos diferentes sistemas de manejo na camada de 0-0,05 m. PP: Pastagem Permanente (A). SPD: Sistema Plantio Direto (B). RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural (C). MN: Mata Nativa (D).

3.3 Processamento das amostras e análises realizadas

Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de Ciência do Solo e de Química da UEMS de Mundo Novo. O carbono orgânico total (COT) foi determinado pela oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, em meio sulfúrico sob aquecimento, e titulado com sulfato ferroso amoniacal (YEOMANS; BREMNER, 1988) (Figura 5).



Figura 5. Titulação de amostra de solo para determinação de COT com sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L⁻¹.

Para avaliação da evolução de C-CO₂ em laboratório, as amostras de solo, previamente acondicionadas sob refrigeração, foram descongeladas, em seguida destorroadas e passadas em peneira 2 mm constituindo a TFSA (CLAESSEN et al., 1997). Para a avaliação do C-CO₂ liberado em laboratório, foi utilizado o método proposto por Mendonça e Matos (2005), em que 50 g de solo foram colocadas em recipientes de plástico de 5000 cm³ sendo fechados hermeticamente. Os recipientes de plástico (5 repetições por área estudada) foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em bancada no laboratório, com temperatura mantida a 25° C por meio de refrigeração. Em cada recipiente foi adicionado um frasco contendo 30 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ para capturar o C-CO₂ e outro contendo 30 mL de H₂O, para manter a umidade constante (Figura 6).



Figura 6. Recipientes com solo, NaOH 0,5 mol L⁻¹ e água dispostos sobre a bancada do laboratório

As medições de C-CO₂ foram feitas em intervalos de 24 h nos primeiros 7 dias, de 48 h entre o 8° e 17° dia, e de 96 h até o 49° dia. Ao abrir os recipientes, a cada leitura, o frasco contendo NaOH com solução de 0,5 mol L⁻¹ era retirado, tomando-se o cuidado para deixar cada recipiente contendo solo aberto por 15 minutos para que ocorresse a renovação do ar, mantendo este tempo uniforme para todas as amostras. Decorrido o tempo, era inserido outro frasco contendo 30 ml de NaOH 0,5 mol L⁻¹, sendo o recipiente fechado hermeticamente para nova incubação. Enquanto se aguardava o tempo para a troca de ar, eram pipetados 10 ml da solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ previamente incubada com o solo, para erlenmeyer de 125 ml, sendo em seguida adicionado 10 ml de solução de BaCl₂ 0,05 mol L⁻¹ e três gotas de fenolftaleína 1%, sendo a amostra titulada em seguida com HCl 0,25 mol L⁻¹ (Figura 7).



Figura 7. Titulação de amostra com HCl 0,25 mol L⁻¹ para determinação do C-CO₂.

O cálculo do teor de C-CO₂ evoluído diariamente e a soma da emissão total após os 49 dias de incubação foi apresentado em mg de C-CO₂/50 g de solo, conforme apresentado na equação 1 a seguir:

$$\text{C-CO}_2 \text{ (mg)} = (\text{B}-\text{V}) \times \text{M} \times 6 \times (\text{V}_1/\text{V}_2) \quad (1)$$

onde:

B = volume de HCl gasto na titulação do branco (ml);

V = volume de HCl gasto na titulação da amostra (ml);

M = concentração real do HCl (mol L⁻¹);

6 = massa atômica do carbono (12) dividida pelo número de mols de CO₂ que reagem com o NaOH (2);

V₁ = volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (ml);

V₂ = volume de NaOH usado na titulação (ml).

Os resultados obtidos foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, sendo submetidos à análise de variância com aplicação do teste F, e os valores médios tanto de evolução diária, quanto de emissão total, foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% com auxílio do programa R Core Team (2019). Todos os testes foram realizados por meio do pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) das diferentes áreas avaliadas na camada de 0-0,05 m, variou de 7,28 g kg⁻¹ a 16,42 g kg⁻¹. Observa-se maior teor de COT na área de MN, com teor 16,42 g kg⁻¹ (Figura 8). Esse teor deve-se à deposição contínua de material vegetal na camada superficial do solo originada da serapilheira (galhos, folhas, flores, frutos e cascas de árvores) (BARROS et al. 2013), bem como à ausência de atividade antrópica (NOVAIS et al., 2016). Maiores teores de COT em MN também foram encontrados por Loss et al. (2015) em experimento realizado no município de Ituporanga, Santa Catarina, por Rosset et al. (2014; 2016; 2019), Assunção et al. (2019) e Ferreira et al. (2020) também comparando áreas manejadas e vegetação nativa de Mata Atlântica no município de Guaíra, PR, e por Ozório et al. (2019) no município de Terra Roxa, PR.

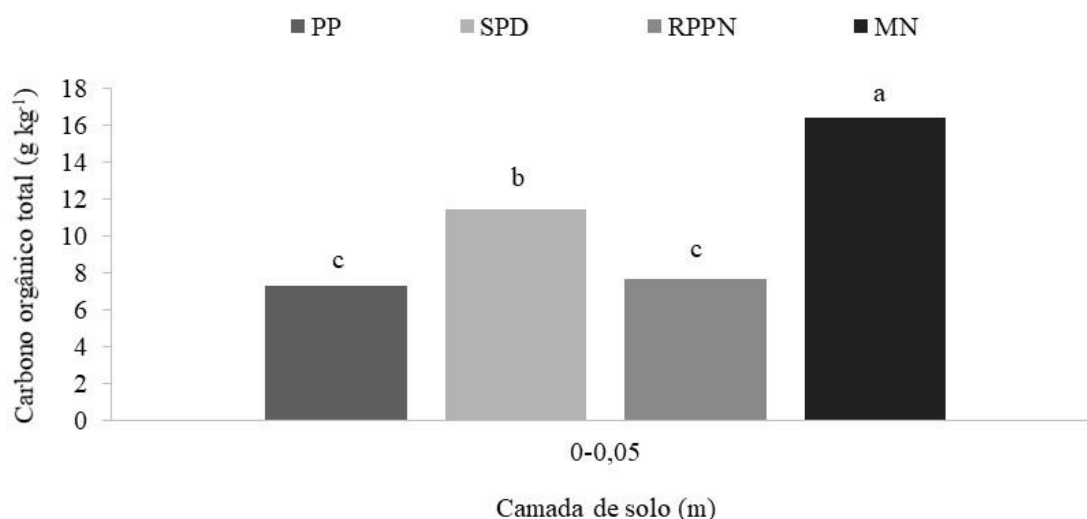


Figura 8. Carbono orgânico total (COT) do solo da camada de 0-0,05 m nas diferentes áreas avaliadas. PP: Pastagem Permanente; SPD: Sistema Plantio Direto; RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural; MN: Mata Nativa.

A área de SPD apresentou teor de COT de 11,46 g kg⁻¹, sendo superior as áreas de RPPN e PP (Figura 8). Esse teor de COT em SPD provavelmente se deve a deposição de palhada dos restos culturais de soja e milho no solo, tendo em vista que não há revolvimento do solo na área por 10 anos e se mantém a sucessão de culturas de soja (verão) e milho (inverno). Teores maiores de COT na camada mais superficial em SPD também foram encontrados por Loss et al. (2014) e Rosset et al. (2019). O fato da área de SPD apresentar teor de COT inferior

a MN deve-se ao curto tempo de implantação, sendo que um maior tempo de implantação do SPD ocasiona um maior aporte de carbono no solo, tendo por consequência maior teor de COT, esse teor inferior COT corrobora com os resultados obtidos por Rossetti e Centurion (2015), bem como por Anghinoni (2007) que relatam sobre o tempo decorrido de adoção do SPD para que os teores de COT se elevem.

Os menores teores de COT foram observados nas áreas de PP e RPPN, sendo 7,28 e 7,61 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 8). Na área de PP esse baixo teor de COT deve-se ao estágio avançado de degradação em que a área se encontrava, proveniente do mal manejo do solo da área (baixo percentual de cobertura do solo, presença de plantas daninhas em área total e erosão do tipo laminar), bem como superpastejo devido a superlotação animal. Esses resultados corroboram com os encontrados por Bezerra et al. (2019), que mensuraram o COT em Latossolo sob pastagem com diferentes intensidades de usos, e encontraram maiores teores de COT em área de vegetação nativa e menores nas áreas de pastagem com 30 anos de implantação, o que demonstra que o tempo de uso ocasionou redução de COT.

Na área da RPPN, o baixo teor de COT deve-se ao alto índice de exploração do solo para extração de argila ocorrido por décadas, anteriores ao isolamento da área no ano de 2017, com consequente criação da RPPN, sendo que a área se encontra em processo de regeneração natural. Possivelmente, com o passar do tempo, os teores de COT na área da RPPN tendem a aumentar devido a suspensão de atividades antrópicas exploratórias, bem como também ao processo de regeneração natural (ONOFRE et al, 2010). Costa et al. (2017) verificaram maiores teores de COT em área de Mata a cerca de 15 anos em processo de Regeneração com vegetação natural no município de Glória do Goitá, Pernambuco, comparando com a RPPN, demonstra que a mesma tende a evoluir com o passar dos anos aumentando seu teor de COT. Na recuperação de áreas degradadas, o aumento dos teores de COT é fundamental, tendo em vista a associação direta com a melhoria da qualidade edáfica (LAL, 2018) decorrente da melhoria nos atributos químicos (MACINTOSH et al., 2019), físicos (SANTOS et al., 2019; NUNES et al., 2019; PATRA et al., 2019) e biológicos do solo (YADA et al., 2015).

4.2 Evolução Diária de Emissão de C-CO₂

A área de MN apresentou maiores picos de emissão de C-CO₂ em 6 das 20 leituras realizadas, chegando a 6,09 e 5,73 mg de C-CO₂/50 g de solo no 5º e 41º dias de avaliação (Figura 9). Esses maiores picos de emissão de C-CO₂, corroboram com os maiores teores de COT apresentado nesta área, 16,95 g kg⁻¹ (Figura 8). Resultados semelhantes foram obtidos por

Borges et al. (2015) no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. Para o Bioma Mata Atlântica, em Guaíra, PR, Rosset et al. (2019) também observaram maiores picos de emissão de C-CO₂ em área de vegetação nativa, em relação a áreas manejadas com SPD e pastagem, com até 39 anos de condução. Nos dois trabalhos, os autores atribuíram os maiores picos de emissão em área de vegetação nativa devido ao maior conteúdo de COT, que possibilita maior atividade microbiana. As diferenças na cobertura vegetal refletem nas taxas de emissão de C-CO₂ (CASTELLANO et al, 2017).

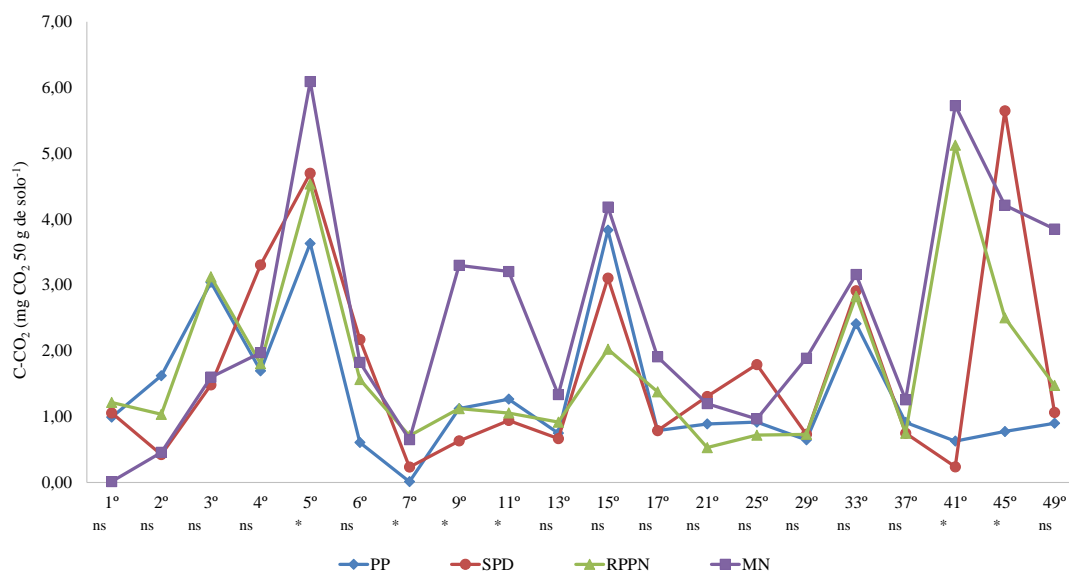


Figura 9. Evolução diária de carbono mineralizável (C-CO₂) nas amostras de solo da camada de 0-0,05 m, incubadas em laboratório até o 49º dia de avaliação, em diferentes áreas no município de Eldorado, MS. PP: Pastagem Permanente. SPD: Sistema Plantio Direto. RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural. MN: Mata Nativa.

Após aumento gradual dos picos de emissão de C-CO₂, a partir do sétimo dia de incubação verifica-se drástica diminuição nos picos de emissão do C-CO₂, seguidos de aumento e diminuição posteriores (Figura 9). Essa redução significativa da emissão de C-CO₂ em alguns dias específicos ocorre devido a morte de certa quantidade de microrganismos, favorecendo a redução das emissões subsequentes. Todavia, os picos posteriores ocorrem devido ao fato de os microrganismos mortos servirem de alimento para os remanescentes, padrão este também observado por Loss et al. (2013) Rosset et al. (2019). Esses picos ocorreram tendo em vista a ocorrência por maior tempo do efeito “*priming*”, onde se tem picos de emissão devido as mortes dos microrganismos (KUZYAKOV et al. 2000)

Verifica-se ainda que no trigésimo sétimo dia de avaliação houve a estabilização da emissão de C-CO₂ na PP (Figura 9). Essa estabilização ocorre devido ao consumo total da

matéria orgânica prontamente disponível desta área, o que se relaciona com o baixo teor de COT, 8,89 g kg⁻¹ (Figura 8).

Nos últimos dias de avaliação houveram picos de emissão de C-CO₂ nas áreas de SPD, RPPN e MN (Figura 9). Esses picos pode-se atribuir novamente a ocorrência do efeito “*priming*”. Além disso, a não estabilização das emissões de C-CO₂ nestas três áreas possivelmente se deve a existência de maior quantidade de frações mais lábeis do carbono, mesmo em área de RPPN, com menores teores de COT em relação a SPD e MN (Figura 8). Ressalta-se que áreas com maiores teores de carbono lábil no solo possuem maiores emissões de C-CO₂, além de maior tempo para estabilização da emissão (LOSS et al., 2010).

4.3 Acúmulo da Emissão de C-CO₂

Observa-se que a emissão de C-CO₂ total da área de MN foi de 48,82 mg C-CO₂ 50g de solo⁻¹, sendo significativamente maior que das áreas de PP, SPD e RPPN, com 27,46, 33,96 e 35,16 mg CO₂ 50g de solo⁻¹, respectivamente (Figura 10). Essa maior emissão total de C-CO₂ da área de MN está diretamente relacionada com o maior teor de COT (Figura 8) e com os maiores picos de emissão diária apresentados (Figura 9). Esse fato é decorrente da elevada e contínua deposição de serapilheira na camada superficial da referida área, circunstância esta, que aumenta a atividade microbiana e conseqüentemente o consumo de carbono lábil, com ocorrência de maior emissão de C-CO₂ (AULER et al., 2019).

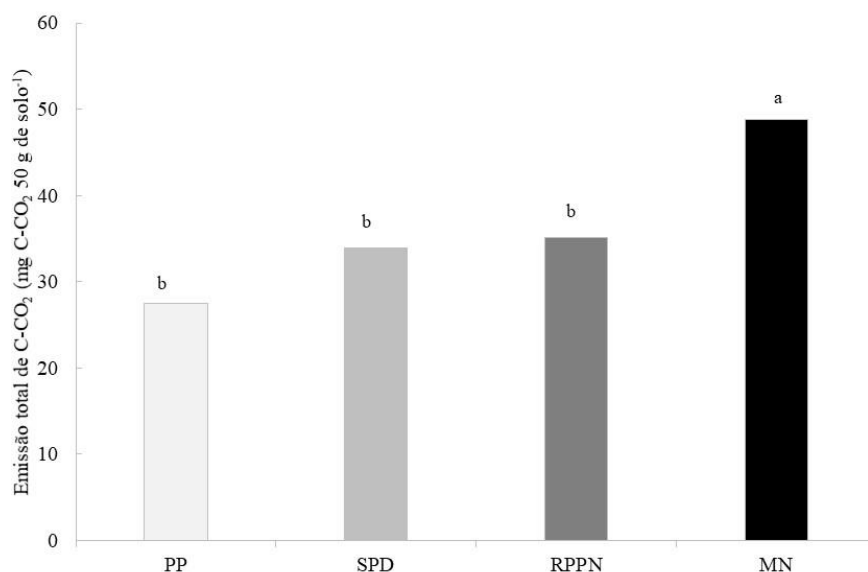


Figura 10. Acúmulo de emissão de C-CO₂ das diferentes áreas avaliadas no município de Eldorado, MS. PP: Pastagem Permanente. SPD: Sistema Plantio Direto. RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural. MN: Mata Nativa.

As áreas de PP, SPD e RPPN, apresentaram emissão total de C-CO₂, respectivamente de 27,46; 33,96; 35,16 mg C-CO₂ 50g de solo⁻¹, sendo semelhantes entre si (Figura 10), ou seja, 56, 70 e 72% da emissão de C-CO₂ da área de MN. Esse baixo acúmulo de emissão de C-CO₂ deve-se aos menores teores de COT destas áreas (Figura 8), que pode ser atribuído ao estágio avançado de degradação da PP, a baixa diversidade na MOS do SPD devido a apenas possuir a sucessão de culturas de soja/milho e ao processo inicial de regeneração da área da RPPN após longo período de extração de argila.

A correlação entre os teores de COT e acúmulo de emissão de C-CO₂ apresentou valor significativo (Figura 11), tendo como R² 0,47, portanto, a variação do acúmulo de emissão de C-CO₂ se correlaciona positivamente com o teor de COT, sendo diretamente proporcional. Cerca de 47% da emissão total de C-CO₂ é explicada pelos teores de COT, tornando possível compreender a influência do teor de COT na emissão de C-CO₂ (MIKHAEL, 2014).

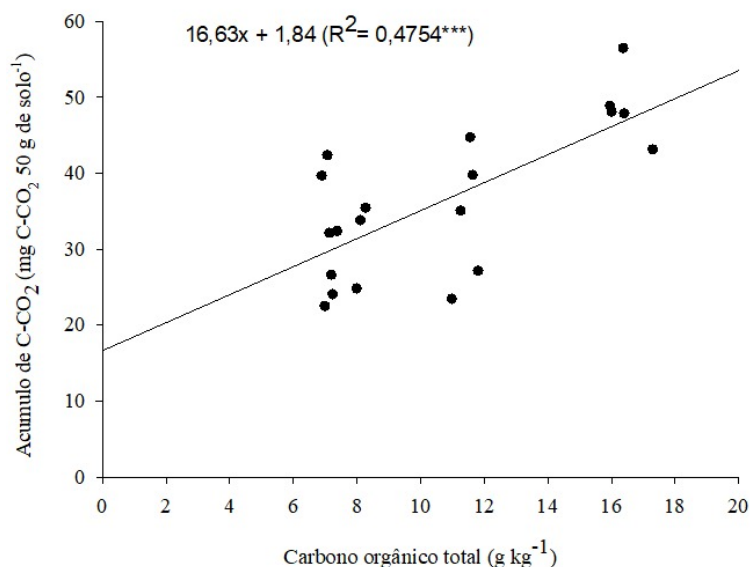


Figura 11. Correlação entre os teores de COT e acúmulo de emissão de C-CO₂ das diferentes áreas avaliadas no município de Eldorado, MS. PP: Pastagem Permanente. SPD: Sistema Plantio Direto. RPPN: Reserva Particular de Patrimônio Natural. MN: Mata Nativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área sistema de plantio direto, dentre as áreas manejadas apresenta maiores teores de carbono orgânico total.

As diferentes formas de manejo efetuadas historicamente nas áreas de pastagem permanente e na Reserva Particular de Patrimônio Natural reduziram os teores de carbono orgânico do solo.

As áreas manejadas possuem menores picos de emissão diária e menor emissão total de carbono mineralizável, indicando menor atividade microbiana nestas áreas em relação a área de mata nativa.

Diante do presente trabalho pode-se observar a necessidade de correção e preservação das pastagens permanentes, a importância do sistema de plantio direto para o maior aporte de carbono no solo, bem como a necessidade de unidades de conservação para obtenção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 873-928.

ASSUNÇÃO, S. A.; PEREIRA, M. G.; ROSSET, J. S.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 901-911, 2019.

AULER, A. C.; HENNIPMAN, H. S.; JACQUES, F. L.; ROMANIW, J.; CHARNOBAY, A. C. R. Emissões de CO₂ e mineralização do carbono do solo sob diferentes sistemas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 13, p. 211-221, 2019.

BARROS, H. S.; FEARNSSIDE, P. M. Soil carbon stock changes due to edge effects in central Amazon forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v. 379, p. 30-36, 2016.

BARROS, J. D.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; FARIAS, C. H. A.; PEREIRA, W. E. Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros paraibanos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 35-42, 2013.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14-28, 2015.

BEZERRA, C. B.; JUNIOR, A. J. S.; CORRÊA, M. M.; LIMA, J. R. S.; SANTORO, K. R.; SOUZA, E. S.; OLIVEIRA, C. L. Latossolo húmico sob pastagem com diferentes intensidades de usos: atributos químicos e físico-hídricos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n. 1, e5603, 2019.

BORGES, C. S.; RIBEIRO, B. T.; WENDLING, B.; CABRIAL, D. A. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Ambiente e Água**, v. 10, n. 3, p. 660-675, 2015.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S. AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CASTELLANO, G. R.; MORENO, L. X.; MENEGÁRIO, A. A.; GOVONE, J. S.; GASTMANS, D. Quantificação das emissões de CO₂ pelo solo em áreas sob diferentes estádios de restauração no domínio da mata atlântica. **Química Nova**, v. 40, n. 4, p. 407-412, 2017.

COSTA, M. I. S.; SOUZA, T. E. M. S.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C.; LEAL, L. Y. C. Efluxo de CO₂, atributos físicos e carbono do solo em manejos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 251-255, 2017.

CLAESSEN, M. E.C. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.

DUIKER, S. W.; LAL, R. Carbon budget study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio. **Soil & Tillage Research**, v. 54, n. 1-2, p. 21-30, 2000.

FALCAO, K. S.; MONTEIRO, F. N.; OZORIO, J. M. B.; SOUZA, C. B. S.; FARIAS, P. G. S.; MENESES, R. S.; PANACHUKI, E.; ROSSET, J. S. Estoque de carbono e agregação do solo sob diferentes sistemas de uso no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, p. 1-14, 2020.

FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 40, p. 599-610, 2019.

FERREIRA, C. R.; SILVA NETO, E. C.; PEREIRA, M. G.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C. Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of no-till management. **Soil & Tillage Research**, v. 198, p. 1-9, 2020.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.2.0**. 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, L. S.; CAMPOS, M. C. C. Estoque de carbono de latossolos em sistemas de manejo natural e alterado. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; MELO NETO, J. O.; REIS, A. F.; LIMA, T. S.; SANTANA, I. L. Qualidade da matéria orgânica do solo e estoques de carbono e nitrogênio em fragmento de Mata Atlântica do Município de Neópolis, Sergipe. **Scientia Plena**, v. 8, p. 1-5, 2012.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1055-1061. 2012.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2019. **APA das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2176-apa-ilhas-e-varzeas-do-rio-parana>. Acesso em: 12 fev. 2019.

KOVEN, C. D.; HUGELIUS, G.; LAWRENCE, D. M.; WIEDER, W. R. Higher climatological temperature sensitivity of soil carbon in cold than warm climates. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 11, p. 817, 2017.

KUZYAKOV, Y.; FRIDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 11-12, p. 1485-1498, 2000.

LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, p. 3285-3301, 2018.

LIANG, A.; ZHANG, Y.; ZHANG, X.; YANG, X.; MCLAUGHLIN, N.; CHEN, X.; TANG, J. Investigations of relationships among aggregate pore structure, microbial biomass, and soil organic carbon in a Mollisol using combined non-destructive measurements and phospholipid fatty acid analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 185, p. 94-101, 2019.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, C.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1212-1224, 2015.

LOSS, A.; COSTA, E. M.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata)**, v. 113, p. 01-08, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 21532167, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H.; SILVA, E. M. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 913- 922, 2010.

MACINTOSH, K. A.; DOODY, D. G.; WITHERS, P. J.; MCDOWELL, R. W.; SMITH, D. R.; JOHNSON, L. T.; BRUULSEMA, T. W.; O'FLAHERTY, V.; MCGRATH, J. W. Transforming soil phosphorus fertility management strategies to support the delivery of multiple ecosystem services from agricultural systems. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 90-98, 2019.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; NETO, L. M.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Cap. 13, p.172-188, 2009.

MAGALHÃES, S. S. A.; RAMOS, F. T.; WEBER, O. L. S. Carbon stocks of an Oxisol after thirty-eight years under different tillage systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**

e **Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 85-91, 2016.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Ponte Nova: D & M Gráfica e Editora Ltda, 2005. 107 p.

MIKHAEL, J. E. R. **Variabilidade espacial de atributos do solo e emissão de CO₂ em uma pedossequência sob pastagem no cerrado**. 2014. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2014

NOVAIS, D. B.; FERREIRA, J. S.; BARRETO, P. A. B. Fertilidade do solo como indicador do efeito de borda em fragmento florestal, Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 4, p. 185- 189, 2016.

NUNES, M. R.; PAULETTO, E. A.; DENARDIN, J. E.; SUZUKI, L. E.; VAN ES, H. M. Dynamic changes in compressive properties and crop response after chisel tillage in a highly weathered soil. **Soil & Tillage Research**, v. 186, p. 183-190, 2019.

OBOUR, P. B.; JENSEN, J. L.; LAMANDÉ, M.; WATTS, C. W.; MUNKHOLM, L. J. Soil organic matter widens the range of water contents for tillage. **Soil & Tillage Research**, v. 182, p. 57-65, 2018.

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 85, p. 39-52, 2010.

OZORIO, J. M. B.; ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; PANACHUKI, E.; SOUZA, C. B. S.; MENESES, R. S.; XIMENES, T. S.; CASTILHO, S. C. P.; MARRA, L. M. Estoque de carbono e agregação do solo sob fragmentos florestais nos biomas Mata Atlântica e Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 15, p. 97-116, 2019.

PATRA, S.; JULICH, S.; FEGER, K. H.; JAT, M. L.; JAT, H.; SHARMA, P. C.; SCHWÄRZEL, K. Soil hydraulic response to conservation agriculture under irrigated intensive cereal-based cropping systems in a semiarid climate. **Soil & Tillage Research**, v. 192, p. 151-163, 2019.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

REIS, V. R. R.; DEON, D. S.; MUNIZ, L. C.; SILVA, M. B.; REGO, C. A. R. M.; GARCIA, U. C.; CANTANHÊDE, I. S. L.; COSTA, J. B. Carbon stocks and soil organic matter quality under different of land uses in the Maranhense Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 329, 2018.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 252-258, 2015.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M. Organic matter and soil aggregation in agricultural systems with different adoption times. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, suplemento 3, p. 3443-3460, 2019.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M. Carbon stock, chemical and physical properties of soils under management systems with different deployment times in western region of Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3053-3072, 2014.

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.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, C. A.; REZENDE, C. D. P.; PINHEIRO, É. F. M.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic forest region of Brazil. **Geoderma**, v. 337, p. 394-401, 2019.

SEMADE - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento**. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2015. 91p.

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1402-1410, 2014.

SOUZA, R. P. B.; FREITAS, M. A. M.; COSTA, M. P.; PEREIRA, L. F.; GOMES, J. V. A. Impact of anthropic action on physical attributes of the soil in different physiologies of Cerrado. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 9, p. 28-32, 2017.

TROIAN, D.; ROSSET, J. S.; MARTINS, L. F. B. N.; OZÓRIO, J. M. B.; CASTILHO, S. C. P.; MARRA, L. M. Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, 1447-1469, 2020.

UEMS – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. 2019. **1ª RPPN criada pelo Imasul em 2019 tem parceria da UEMS.** Disponível em:

<http://www.uems.br/noticias/detalhes/primeira-rppn-criada-este-ano-conta-com-parceria-da-uems-131640>. Acesso em: 12 fev. 2019.

WADE, J.; CULMAN, S. W.; HURISSO, T. T.; MILLER, R. O.; BAKER, L.; HORWATH, W. R. Sources of variability that compromise mineralizable carbon as a soil health indicator. **Soil Science Society of America Journal**, v. 82, p. 243-252, 2017.

YADA, M. M.; MINGOTTE, F. L. C.; MELO, W. J.; MELO, G. P.; MELO, V. P.; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í. Atributos químicos e bioquímicos em solos degradados por mineração de estanho e em fase de recuperação em ecossistema amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 714-724, 2015.

YEOMANS, A.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.