

---

## ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM SOLOS DO BIOMA PANTANAL SOB DIFERENTES TIPOS DE USO NO MUNICÍPIO DE CÁCERES - MATO GROSSO, BRASIL

Fabiane da Silva **ARRUDA**

Mestre em Geografia. Servidora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) - Campus Cáceres Prof. Olegário Baldo

E-mail: [fabiane.silva@ifmt.edu.br](mailto:fabiane.silva@ifmt.edu.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1473-3382>

Alfredo Zenén Domínguez **GONZÁLEZ**

Doutor em Geografia. Docente da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) -

Campus Universitário de Cáceres

E-mail: [alfredozdg@gmail.com](mailto:alfredozdg@gmail.com)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9192-342X>

*Recebido  
Janeiro de 2024*

*Aceito  
Agosto de 2025*

*Publicado  
Dezembro de 2025*

---

**Resumo:** A pesquisa objetivou estimar o estoque de carbono em solos do bioma Pantanal submetidos a diferentes tipos de uso no município mato-grossense de Cáceres. Para isso, os procedimentos metodológicos utilizados incluíram: coleta de amostras de solos nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em pontos de amostragem localizados em áreas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF, Pastagem e Reserva florestal; análise granulométrica; determinação do teor de carbono orgânico total; quantificação do estoque de carbono no solo e análise estatística dos dados obtidos. Os resultados mostraram que, na composição granulométrica, predominou-se a classe textural franco-arenosa, sendo conferida pela maior concentração de areia (partículas mineiras grosseiras). Para o carbono e estoque de carbono, observou-se que os maiores teores se encontram nas camadas superficiais (0-10 cm), as quais evidenciam uma maior variação do carbono em comparação com as outras camadas, verificando assim que a Pastagem e a Reserva florestal, foram os tratamentos que propiciaram os maiores valores do teor de carbono no solo em comparação ao ILPF. Isto indica que as diferenças locais identificadas nesta pesquisa entre as áreas amostradas e seus tipos de usos, refletem em diferenças dos teores de carbono estocado no solo.

**Palavras-chave:** Paisagem; mudanças climáticas; solo.

## **ESTIMATED CARBON STOCK IN SOILS OF THE PANTANAL BIOME IN DIFFERENT TYPES OF USE IN THE MUNICIPALITY OF CÁCERES - MATO GROSSO, BRAZIL**

**Abstract:** The research aimed to estimate the carbon stock in soils of the Pantanal biome subjected to different types of use in the Mato Grosso municipality of Cáceres. For this, the methodological procedures used included: collection of soil samples in the 0-10, 10-20 and 20-40 cm layers at sampling points located in areas of Crop-Livestock-Forest Integration - ILPF, Pasture and Forest Reserve ; granulometric analysis; determination of total organic carbon content; quantification of carbon stock in the soil and statistical analysis of the data obtained. The results showed that, in the granulometric composition, the loam-sandy textural class predominated, being conferred by the highest concentration of sand (coarse mining particles). For carbon and carbon stock, it was observed that the highest levels are found in the surface layers (0-10 cm), which show a greater variation of carbon compared to the other layers, thus verifying that the Pasture and the Forest Reserve, were the treatments that provided the highest values of carbon content in the soil compared to the ILPF. This indicates that the local differences identified in this research between the sampled areas and their types of uses, reflect differences in the levels of carbon stored in the soil.

**Keywords:** Landscape; climate changes; soil.

## **ESTIMACIÓN DEL RESERVA DE CARBONO EN SUELOS DEL BIOMA PANTANAL EN DIFERENTES TIPOS DE USO EN EL MUNICIPIO DE CÁCERES - MATO GROSSO, BRASIL**

**Resumen:** La investigación tuvo como objetivo estimar el reserva de carbono en suelos del bioma Pantanal sometidos a diferentes tipos de uso en el municipio Cáceres Mato Grosso. Para ello, los procedimientos metodológicos utilizados incluyeron: recolección de muestras de suelo en capas de 0-10, 10-20 y 20-40 cm en puntos de muestreo ubicados en áreas de Integración Cultivos-Ganadería-Bosque - ILPF, Pastizal y Reserva Forestal; análisis granulométrico; determinación del contenido de carbono orgánico total; cuantificación del reserva de carbono en el suelo y análisis estadístico de los datos obtenidos. Los resultados mostraron que, en la composición granulométrica, predominó la clase textural franco arenosa, siendo conferida por la mayor concentración de arena (partículas minere los gruesas). Para el carbono y el stock de carbono, se observó que los niveles más altos se encuentran en las capas superficiales (0-10 cm), las cuales muestran una mayor variación de carbono en comparación con las otras capas, verificando así que el Pastizal y el Reserva forestal, fueron los tratamientos que proporcionaron mayores valores de contenido de carbono en el suelo en comparación con el ILPF. Esto indica que las diferencias locales identificadas en esta investigación entre las áreas muestreadas y sus tipos de uso reflejan diferencias en el contenido de carbono almacenado en el suelo.

**Palabras clave:** Paisaje; Cambios climáticos.; suelo

## **INTRODUÇÃO**

Desde o surgimento das primeiras civilizações, a natureza vem sofrendo sucessivas transformações. A interferência gradativa do ser humano associada às técnicas, promoveu alteração

na paisagem ao longo da história. Desse modo, a paisagem não seria apenas o “natural”, mas sim o resultado das implicações da ação antrópica (Bertrand, 1971).

O meio natural ou geográfico antecede à questão ambiental, sendo assim, o meio geográfico está presente na questão ambiental como um conceito-chave por constituir o suporte de todas as atividades humanas na superfície terrestre (Geraldino, 2010).

Conforme Santos (2003), essa interferência humana tem levado o meio a sua subdivisão, em três partes: meio natural, sem expressivas transformações pela ação humana pelo predomínio de técnicas simples na agricultura e a domesticação de animais, com forte associação com a natureza; meio técnico, que surgiu após a invenção e uso das máquinas, gerando a gradativa artificialização do meio; e o meio técnico-científico informacional iniciado após a Segunda Guerra Mundial, que une técnica, ciência e informação e são entendidas como as bases da produção do espaço.

Essa gradativa subdivisão esteve acompanhada da geração de impactos ambientais cada vez mais significativos, que comprometem a própria sobrevivência humana no planeta, como é o caso do aquecimento global advindo do aumento no teor atmosférico de gases de efeito estufa (GEE) e das mudanças no uso da terra, como o desmatamento e as queimadas, que alteram a estrutura das plantas e do solo e, portanto, o estoque de carbono, como destacado por Ribeiro *et al.* (2017).

O principal agente causador do aquecimento global é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal composto do ciclo do carbono e elemento químico indispensável para a manutenção da vida no planeta. De acordo com Martins *et al.* (2003), as trocas de dióxido de carbono entre a atmosfera e a biosfera terrestre garantem que parte do CO<sub>2</sub> fique armazenado na forma de biomassa, nas folhas, caules e raízes. Ou seja, as plantas absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera e o armazenam como biomassa, a qual é consumida pelos organismos heterotróficos e depois, parcialmente, reconvertida a CO<sub>2</sub>, inicialmente pela respiração e, posteriormente, pela decomposição da matéria orgânica.

Uma alternativa para a remoção do carbono presente na atmosfera e, com isso, a redução das concentrações de GEE, é a sua estocagem nos solos (Rosa; Sano; Rosendo, 2014), especialmente na forma de matéria orgânica.

A gênese do solo envolve um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem entre a rocha matriz e a matéria orgânica derivada da decomposição de plantas e animais. Assim, ao depender da quantidade depositada, o conteúdo de matéria orgânica pode variar muito entre um lugar e outro, como apontado por Santana *et al.* (2013). Dessa forma, a matéria orgânica é essencial para incrementar o potencial produtivo dos solos (Resende, 2011).

Paralelamente, a matéria orgânica do solo contém o maior estoque de carbono na maioria dos ecossistemas terrestres (Menezes *et al.*, 2010). Os solos estocam aproximadamente 4,5 vezes mais carbono do que a biomassa terrestre e 3,3 vezes a quantidade de carbono estocada na atmosfera (Mendes, 2015).

Autores como Campbell (2000), Machado (2005) e Oliveira (2016) destacam que os grandes reservatórios de carbono são: os oceanos, na forma de carbonatos dissolvidos nas águas oceânicas; as formações geológicas que contém combustíveis fósseis, carvão, petróleo e gás natural; os ecossistemas terrestres (biota + solo); e a atmosfera. Portanto, pequenas mudanças nestes reservatórios podem causar grandes efeitos na concentração atmosférica de compostos de carbono.

Desta forma, o aumento dos estoques de carbono nos solos (de conjunto com o controle das emissões de GEE) é uma alternativa para enfrentar o impacto das mudanças climáticas planetárias, como aponta Almeida (2005); porém, essa estocagem é influenciada pela modalidade de uso antrópico do solo, razão pela qual resulta essencial o desenvolvimento de alternativas de uso da terra que promovam o sequestro de CO<sub>2</sub> (Joos *et al.*, 2001; Panosso *et al.*, 2009) e, consequentemente, a estocagem do carbono no solo.

O papel dos solos na estocagem de carbono, é muito relevante, principalmente daqueles solos onde a cobertura vegetal natural está conservada, pois neles o carbono orgânico mantém teores quase constantes ao longo do tempo, ou seja, está em equilíbrio dinâmico, como afirma D'Andréa *et al.* (2004).

Todavia, a liberação desse carbono começa quando a vegetação nativa é derrubada, e em seguida, queimada em muitas ocasiões, para implantar cultivos após o preparo da terra. Apenas a substituição da cobertura vegetal nativa por cultivos pode liberar entre 25 e 30% do carbono orgânico estocado na camada superficial do solo, segundo Nogueira (2013).

Ao se tratar das concentrações de GEE emitidas no ambiente, o último relatório do IPCC (Masson-Delmotte *et al.* 2021, p. 4) destaca que desde 2011 elas têm continuado a crescer na atmosfera, “[...] alcançando médias anuais de 10 ppm de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 1866 ppb de metano (CH<sub>4</sub>) e 332 ppb de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) em 2019”. Isso tem levado a que “Cada uma das últimas quatro décadas [fosse] sucessivamente mais quente do que qualquer década que a precedeu desde 1850” (Masson-Delmotte *et al.* 2021, p. 4).

Nisso, o potencial do Brasil como sumidouro de CO<sub>2</sub> é muito elevado, tendo em vista as suas grandes áreas de florestas, bem como o crescimento das superfícies reflorestadas, dos sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta-ILPF, das pastagens bem manejadas e das lavouras cultivadas sob sistema de plantio direto, todos os quais contribuem para um expressivo aumento da remoção

do CO<sub>2</sub> da atmosfera, que de acordo com o balanço realizado em 2020 pelo Sistema de Estimativa de Emissões de gases de efeito estufa – SEEG (Potenza *et al.*, 2021), resultou em uma remoção (líquida) estimada em 150,1 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, comparado com o ano de 2019.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo estimar o estoque de carbono em solos do bioma Pantanal submetidos a diferentes tipos de uso no município mato-grossense de Cáceres.

Os estudos sobre o estoque de carbono em solos do bioma Pantanal ainda são poucos, o que se torna importante conhecer a estocagem de carbono em solos sob diferentes tipos de usos tendo em vista que, dependendo das suas propriedades, do uso e manejo e da vegetação, o solo possui grande potencial para estocar carbono. Assim, os resultados do estudo poderiam constituir um subsídio para o aperfeiçoamento da sustentabilidade ambiental em um contexto onde o carbono estocado resulta na mitigação dos efeitos do aquecimento global causante das mudanças climáticas.

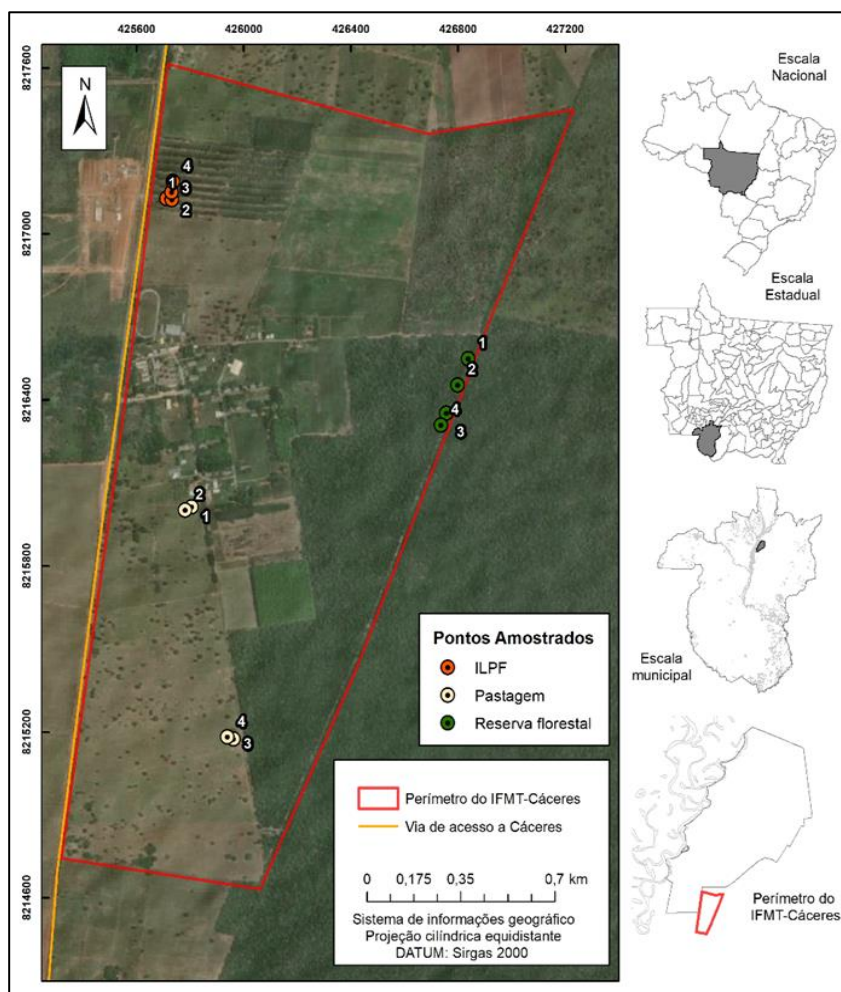
## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

A área de estudo (Figura 1) está localizada no extremo norte do Pantanal, à margem esquerda do rio Paraguai, no município mato-grossense de Cáceres (IFMT, 2014). Compreende uma área de 320 hectares pertencente ao perímetro do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) no campus de Cáceres (MT).

Segundo dados do IBGE (2021), Cáceres possui uma extensão territorial de 24.538,591 km<sup>2</sup> e está situada no setor sudoeste do Estado de Mato Grosso, pertencente à mesorregião Centro Sul Mato-grossense e à Microrregião Alto Pantanal (Rodrigues, 2012). Encontra-se na sub-região identificada por Silva e Abdon (1998) como: Corixo Grande-Jauru-Paraguai (Pantanal de Cáceres), pertencente a uma das onze sub-regiões que compõem o bioma Pantanal, ocupando aproximadamente 9,01% da área pantaneira. O bioma Pantanal ocupa uma superfície de aproximadamente 140.000 km<sup>2</sup> dentro do território do Brasil (distribuídos nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), constituindo a maior planície alagada contínua do mundo (Souza et al., 2006).

**Figura 1** – Mapa de localização da área de estudo em Cáceres -MT



Legenda: ILPF-Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

### Caracterização ambiental da área de estudo

De acordo com o Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso, Cáceres se localiza na subunidade climática Tropical Megatérmico Sub-úmido. Com base na classificação de Köppen, autores como Maitelli (2005) e Rosestolato Filho (2006) apontam que o clima de Cáceres é Tropical com estação seca (Aw).

Considerando sua geologia, a Formação Pantanal, os diferentes níveis identificados por Souza, Lani e Sousa (2006), indicam que a maior parte da área de estudo se encontra no nível topograficamente mais elevado, onde predominam depósitos de cobertura detrítico-lateríticos constituídos por depósitos de areias quartzosas inconsolidadas, intercaladas por materiais siltico-argilosos. Entretanto, um pequeno setor dessa área corresponde ao segundo nível, formado por silte, argila e areia fina, em terraços aluviais.



Em relação à geomorfologia, a área de estudo está predominantemente localizada na Depressão do Alto Paraguai, correspondente ao setor não inundável da planície pantaneira, que se apresenta, segundo Moraes (2010), como uma superfície acumulativa de terraços fluviais muito pouco inclinados (declividade de 0 a 3 graus) e pouco dissecados (amplitude de topo de 2 a 20 metros). Com as observações de campo, foi possível constatar que o escoamento das águas advindas das precipitações na área de estudo ocorre essencialmente de maneira superficial (através de lâminas de água que se formam durante eventos de chuvas).

A caracterização pedológica partiu do conhecimento de campo e de pesquisas realizadas pelos autores Luiz *et al.* (2015), Arruda (2016) e Rodrigues (2016). Desse modo, as classes de solos representativas para o perímetro da área de estudo foram: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd), GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXbd), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico (FFc) e PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário (FTd). Sendo assim, para os tipos de solo amostrados no sistema ILPF e na Reserva florestal há o predomínio do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, enquanto na área de Pastagem o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.

E, para a vegetação da área, essa é constituída pelas formações: Formação Florestal (a qual ocupa 22,64% da área estudada); Formação Campestre (1,93%); e Formação Savânica (com apenas 0,95%). Sendo, o restante da superfície ocupado por Pastagens (cobrindo 72,51% da área total); Lavouras temporárias (0,99%) e Infraestrutura urbana (instalações institucionais que ocupam 0,98% da área total) (Mapbiomas, 2021).

### **Amostragem do solo**

Para o estudo do estoque de carbono, as amostragens de solos foram coletadas em diferentes tipos de uso (Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF, Pastagem e Reserva Florestal), onde foram abertas em cada tipo de uso quatro mini-trincheiras, com delineamento inteiramente casualizado. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo, nas camadas de 0-10, 10-20, e 20-40 cm, totalizando 72 amostras (36 deformadas e 36 indeformadas).

As amostras de solos coletadas foram analisadas no Laboratório de Solos do Instituto Federal de Mato Grosso - Campus Cáceres, sendo a metodologia utilizada para as análises granulométrica, da densidade do solo e do teor de carbono orgânico, estabelecidas pela EMBRAPA (Teixeira, *et al.*, 2017). Para calcular o estoque de carbono utilizou-se o método da camada equivalente (Fernandes; Fernandes, 2009).

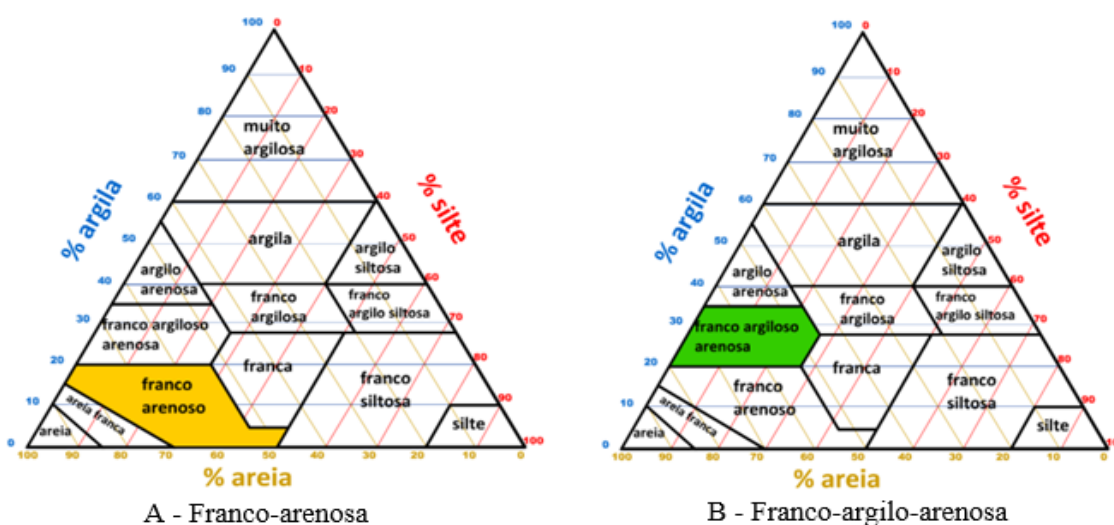
Os resultados obtidos para os teores de carbono, de suas associações com a granulometria do solo e de seus estoques foram submetidos às análises estatísticas: teste Kruskal Wallis (ANOVA não paramétrica) para comparar os tratamentos e o Teste de Dunn (Teste T não paramétrico) para comparar a diferença entre eles. Para a aplicação dos testes foi utilizado um software do R Development Core Team (2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades físicas do solo, como densidade, resistência à penetração, compactação e susceptibilidade aos processos erosivos, facilitam a compreensão do seu comportamento mecânico (Suzuki *et al.*, 2008). Por isso, Alexandre, Silva e Ferreira (2001) consideram a composição granulométrica ou textura como uma das mais importantes características físicas do solo, devido a sua influência no regime hídrico, regime térmico, comportamento de nutrientes no solo, bem como na capacidade do solo para estocar carbono.

Os valores obtidos na análise granulométrica do solo foram lançados no triângulo textural (Quoos, 2021), onde a definição das classes presentes nos solos amostrados nos diferentes tipos de uso (ILPF, Pastagem e Reserva florestal) se deu a partir da intersecção dos valores das frações de areia, silte e argila. As classes texturais para o conjunto das áreas estudadas apresentaram uma variação entre franco-arenosa (FrAr) e franco-argilo-arenosa (FrAAr) (Figura 2).

**Figura 2** – Variação das classes texturais presentes para o conjunto da área de estudo, representadas pelos triângulos texturais.



Legenda: A) Textura Franco-arenosa (presente em 83,3% do total de profundidades amostradas). B) Textura Franco-argilo-arenosa (presente apenas nas camadas de 20-40 cm, em 16,7% das profundidades amostradas). Fonte: QUOOS (2021). Adaptado pelos autores (2022).



A classe textural franco-argilo-arenosa (FrAAr) é observada na profundidade de 20-40 cm nos pontos amostrados, com exceção apenas no ILPF (P3, P4), Pastagem (P1, P2) e Reserva florestal (P2, P3). A ocorrência dessa textura nessas camadas deve-se à presença de argila, que mesmo sendo considerada baixa, pode ter sido translocada das camadas superficiais para as subsuperfícies.

Diante das texturas analisadas, verifica-se que as classes texturais variaram entre franco-arenosa (FrAr) e franco-argilo-arenosa (FrAAr); porém, a textura predominante na maioria dos pontos amostrados foi a franco-arenosa (FrAr). A textura franca, também conhecida como textura média, pode ser definida como proporção semelhante de partículas de areia, silte e argila, que neste caso pode ser considerado moderadamente grosseira, tornando os solos que apresentam essa textura com boa drenagem e capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade, conforme apontam Centeno *et al.* (2017).

Com o predomínio da textura franco-arenosa, é possível dizer que os solos dos tratamentos amostrados apresentam maior concentração de areia (partículas minerais grosseiras) e baixo teor de argila. Assim, Santos *et al.* (2012) ressaltam que esse predomínio da fração areia pode apresentar uma pequena ação dos processos pedogenéticos, sendo insuficiente para provocar alterações expressivas do material de origem da área de estudo, em razão da sua resistência ao intemperismo.

Além disso, a textura do solo pode ser considerada uma característica importante para os resultados desta pesquisa, pois a sua variação é muito pouca ao longo do tempo e o tamanho das partículas interfere diretamente nas propriedades dos solos.

Logo, o conhecimento das frações granulométricas também se torna indispensável para o estudo e a classificação do solo, pois os atributos físicos auxiliam no seu preparo e conservação, na irrigação, drenagem, armazenamento, crescimento de plantas, capacidade de estocar carbono, entre outros, visando assim produções mais sustentáveis e melhor desenvolvimento de um plano de recuperação de áreas degradadas (Campos; Jesus; Nunes, 2017; Reinert; Reichert, 2006).

Ao relacionar o tipo de solo e o carbono no solo, Lal (2007), afirma que os solos mais arenosos podem apresentar menor concentração de carbono, o que pode ser explicado pela baixa atividade das argilas, menor agregação das partículas do solo e pela maior lixiviação; já nos solos com maior concentração de argila e textura fina ocorre normalmente um aumento de carbono, apresentando maiores valores de estoque (Boddey; Alves; Urquiaga, 2004).

No entanto, ao analisar a correlação do carbono orgânico total e as variáveis da granulometria (areia, silte e argila) para o conjunto da área de estudo (tipos de uso do solo e

profundidade total), nota-se que essa correlação se mostra contrária aos autores citados, pois a correlação encontrada para o teor de carbono no solo e a argila é significativa e negativa (Tabela 1), presumindo, que o teor de argila não favoreceu o aumento de carbono no solo para a área estudada. Esse efeito (inverso), também foi descrito pelos autores Melo *et al.* (2008).

**Tabela 1** – Correlação de Sperman entre o carbono orgânico total (COT) e as variáveis da granulometria para o conjunto geral da área de estudo e camadas (0-10, 10-20 e 20-40 cm).

Variáveis	COT (Geral)	COT 0 – 10 cm	COT 10 – 20 cm	COT 20 – 40 cm
Areia	0,54*	0,64*	0,27	-0,11
Silte	-0,26	-0,55	0,03	-0,12
Argila	-0,58*	-0,55	-0,22	0,29

Legenda: \*Correlação significativa ao nível de 5%. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Embora, que neste caso, ainda exista a baixa atividade de argila nas camadas subsuperficiais (como demonstrado através da presença da textura franco-argilo-arenosa), é importante destacar que ao analisar a correlação das variáveis (carbono orgânico total e argila) entre as camadas (0-10, 10-20 e 20-40 cm) para a área de estudo, verifica-se que a correlação permanece negativa nas camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm), enquanto para a camada de 20-40 cm, é possível observar uma tendência de correlação positiva entre e o teor de carbono orgânico total e a argila.

Quanto à correlação existente entre a variável areia e o teor de carbono no solo para o conjunto da área de estudo (tipos de uso do solo e profundidade total), observa-se uma correlação significativa e positiva, o que indica que os teores de areia se sobressaem aos teores de argila.

Em estudos realizados com a mesma temática, os autores Saiz *et al.* (2012) observaram que em solos mais arenosos, o teor de areia melhora a estimativa do estoque de carbono no solo, sendo influenciados por uma pequena ação do carbono no solo. Já os autores Petter *et al.* (2017) verificaram que os teores de areia foram mais determinantes do que a argila para o carbono no solo, deixando de ser um fator condicionante para o incremento de carbono no solo.

Quando realizada a correlação das variáveis carbono orgânico total e areia entre as camadas (0-10, 10-20 e 20-40 cm) para a área de estudo, essa apresentou correlação positiva nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, sendo significativa apenas na camada de 0-10cm, e negativa na camada de 20-40 cm.

Todo esse efeito encontrado para área estudada, pode ser justificado pela influência de fatores como: características do ambiente, tipo de vegetação, tipo de solo, uso e manejo, condições climáticas e outros fatores como a existência de outras propriedades do solo (variáveis) influenciando na dinâmica do carbono do solo, sugerindo assim, estudos mais específicos para avaliar essa variação. Já para o teor de silte não houve contribuição significativa com o carbono no solo da área estudada.

Além da classificação textural, outro fator importante para avaliar o teor de carbono no solo é a presença de matéria orgânica (MO). Centeno *et al.* (2017) relatam que solos com textura arenosa podem apresentar deficiência de matéria orgânica e que necessitam de mais cuidados durante seu manejo quando comparados aos solos de textura argilosa, o que pode influenciar na capacidade de estocar carbono. Desse modo, os solos amostrados apresentaram uma tendência de maior quantidade de MO na superfície, o qual foi observado nas camadas superficiais de todos os tratamentos (ILPF, Pastagem e Reserva florestal).

A tendência de maior quantidade de MO na superfície, apresentada na área de estudo, pode ter favorecido o incremento do estoque do carbono no solo, pois o estoque de carbono de um solo com vegetação representa o balanço dinâmico entre a adição e a perda da matéria orgânica pela decomposição ou mineralização (Machado, 2005).

A ocorrência de MO atua na regulação da ciclagem do carbono e sua estabilização, enquanto que a sua redução pode afetar a diversidade dos microrganismos no solo, conforme apontam Rasche e Cadish (2013). Em virtude disso, o efeito de práticas de uso e manejo do solo nesses componentes da paisagem necessitam de melhor entendimento, visto que o estudo do estoque de carbono pode contribuir também para o controle da mitigação dos gases do efeito estufa e do aquecimento global (Costa *et al.*, 2008; Romão, 2012), pelo papel do solo como grande reservatório de carbono.

Ao calcular a densidade do solo considerando os tipos de uso (ILPF, Pastagem e Reserva florestal) e a profundidade (0-10, 10-20 e 20-40 cm), foi observada uma variação dos valores entre 1,27 e 1,8 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 2), o que corrobora com os valores de densidade citados por Marcolin (2006), cujos solos com maiores teores de areia tendem a apresentar densidade superior em relação aos solos argilosos (Bueno; Vilar, 1998; Libardi, 2005). Dessa forma, além de possuir baixa capacidade de retenção de água, altas taxas de percolação e infiltração, são bem drenados e aerados, quando comparados com os solos de textura fina (Fageria; Stone, 2006).

O menor valor da densidade ocorreu na Reserva florestal (P1) na profundidade de 0-10 cm, e o maior na Pastagem (P1) na profundidade de 20-40 cm, o que indica que a menor densidade observada para a Reserva florestal associa-se à vegetação presente, pois a biomassa depositada no

solo exerce influência nas suas propriedades físicas e químicas, e à baixa ação antrópica que ocasiona compactação adicional do solo, maior porosidade e, consequentemente, uma densidade menor.

Já para a maior de densidade observada (na Pastagem), o fato de o tipo de uso ter permanecido estável ao longo dos anos, devido ao manejo convencional (sem relatos de revolvimento do solo) e ao pisoteio do gado, pode ter favorecido uma maior compactação do solo, sendo necessário uma análise do tempo e da qualidade do manejo, pois estes fatores podem também influenciar nos atributos físicos do solo.

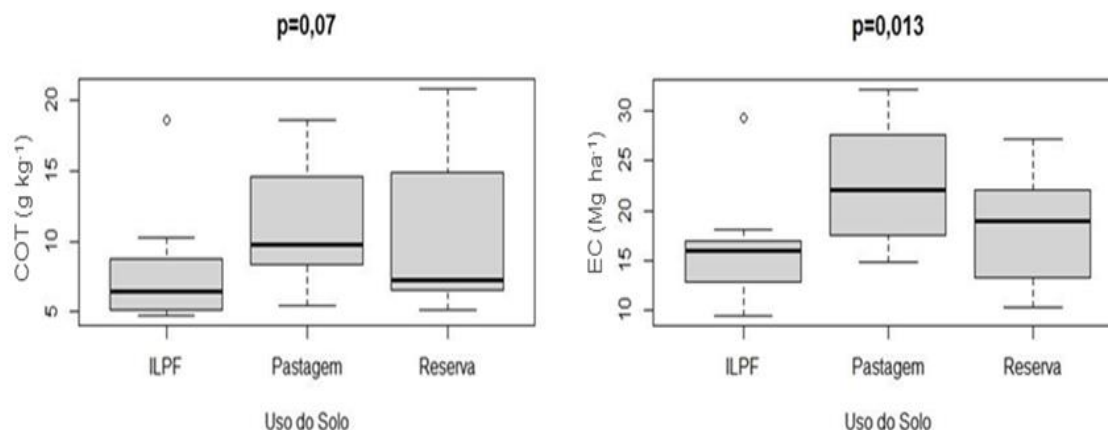
Para estimar o estoque do carbono no solo (ECS) sob diferentes tipos de uso foi necessário verificar a densidade e o carbono orgânico total, relacionado com a espessura da camada de cada ponto amostrado. A quantificação do teor de carbono orgânico total (COT) armazenado em solos sob diferentes tipos de uso (ILPF, Pastagem e Reserva florestal) mostrou uma variação significativa de acordo com a profundidade (0-10, 10-20 e 20-40 cm) e o tipo de uso, o que pode ser associada ao acúmulo da matéria orgânica nas camadas superficiais dos solos amostrados cuja presença auxilia na ciclagem de nutrientes do solo e na estocagem de carbono.

Essa dinâmica do carbono, conforme Wink *et al.* (2010), pode estar associada também ao uso e manejo do solo, bem como às suas características intrínsecas que atuam na função de proteger ou expor o material orgânico a condições favoráveis de decomposição, podendo assim alterar o teor e estoque de carbono nos solos.

Os valores médios obtidos para o carbono orgânico total (COT) nos diferentes tipos de uso do solo apresentaram uma variação de 7,72 g kg<sup>-1</sup> no ILPF, 11,32 g kg<sup>-1</sup> na Pastagem e 10,42 g kg<sup>-1</sup> na Reserva florestal. Enquanto o estoque médio de carbono no solo (ECS) essa variação foi de 15,78 Mg ha<sup>-1</sup> no ILPF, 22,70 Mg ha<sup>-1</sup> na Pastagem e 18,34 Mg ha<sup>-1</sup> na Reserva florestal.

Os resultados obtidos para o COT e EC foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis e as diferenças encontradas entre os teores de carbono foram significativas, como mostra a Figura 3.

**Figura 3** – Variação do carbono orgânico total (COT) e o estoque de carbono (EC) entre os usos do solo: ILPF, Pastagem e Reserva florestal na profundidade total (40cm).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os valores obtidos para COT e EC, considerando os tipos de usos e a profundidade total analisada (40 cm), foram submetidos ao teste posterior de Dunn. Com isso, observa-se que para COT (g kg<sup>-1</sup>), os tratamentos são semelhantes, enquanto que EC a Pastagem e a Reserva florestal formam um grupo único, segregado de ILPF com os menores valores para EC (Mg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 2).

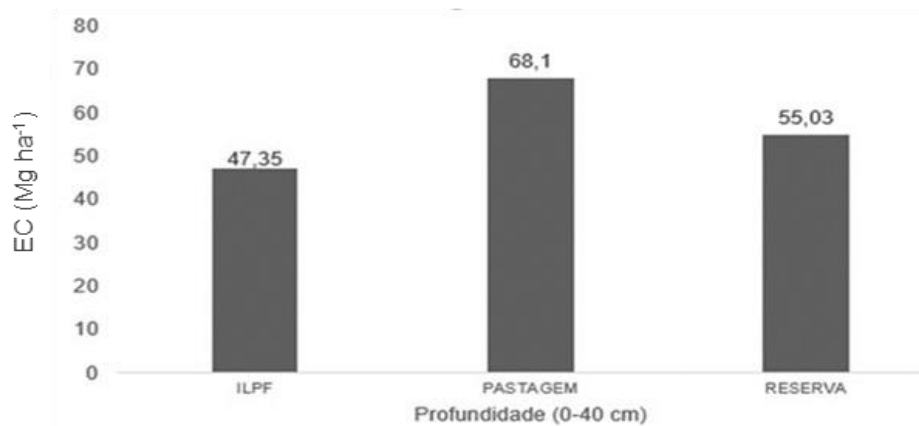
**Tabela 2** – Comparação entre os usos do solo para carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EC) na profundidade total (40cm).

Usos do solo	COT g Kg-1		EC Mg ha-1	
ILPF	7,72	a	15,78	a
Pastagem	11,32	a	22,70	b
Reserva	10,42	a	18,34	ab

Nota: Valores numéricos indicam médias. Letras iguais, indicam que os tratamentos em relação ao carbono são semelhantes, na coluna; letras diferentes indicam que eles diferem, segundo o teste de Dunn. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao considerar a espessura total da camada (40 cm), é possível verificar que a Pastagem e Reserva florestal foram os tratamentos que propiciaram os maiores valores de estoque de carbono (Figura 4). O estoque de carbono no solo promovido pela Pastagem atinge um valor de 68,10 Mg ha<sup>-1</sup>, ou seja, uma quantidade maior do que a encontrada na área de Reserva florestal (55,03 Mg ha<sup>-1</sup>) e no ILPF (47,35 Mg ha<sup>-1</sup>). Este resultado coincide com aquele obtido por Belizário (2008) quando, ao estudar a região do Pantanal, verificou-se que a pastagem apresentou um estoque de carbono no solo maior do que a vegetação nativa.

**Figura 4** – Estoque de carbono (EC) nos diferentes tipos de usos do solo (ILPF, Pastagem, e Reserva florestal) na profundidade total da camada (40 cm).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Esse efeito deve-se, provavelmente, ao fato de a Pastagem ser considerada não degradada e ter permanecido por um tempo prolongado sob esse tipo de uso, com um sistema de manejo que implica uma baixa concentração de animais presentes na área. Assim, esses fatores podem ter influenciado nos atributos físico-químicos do solo e, conseqüentemente, na estabilização do teor de carbono.

Portanto, as pastagens podem ser consideradas eficientes na manutenção dos teores de carbono devido à ciclagem rápida e constante renovação do sistema radicular das gramíneas, desenvolvido e bem distribuído, e à composição do material aportado, que pode garantir maior permanência do carbono no sistema, como apontado por Salton *et al.* (2011) e Gregolin *et al.* (2016). O que indica que as gramíneas presentes, contribuem com grande quantidade de biomassa (aporte de matéria orgânica) ocasionando um aumento da persistência da cobertura do solo e o acúmulo de carbono nele (Cardoso *et al.*, 2010; Matos *et al.* 2019; Moreira; Siqueira, 2006).

Ainda sobre o estoque de carbono nas Pastagens, autores como Araújo *et al.* (2011) e Romão (2012) apontam que os estoques podem diminuir nos primeiros anos da implantação, mas posteriormente podem aumentar até atingir valores próximos ou superiores aos existentes antes da conversão; com isso, esse fator pode ter atuado na área estudada, devido as alterações da paisagem ocorridas ao longo de décadas passadas pela mudança do uso da terra.

Quanto ao estoque de carbono na Reserva florestal, era esperado que o mesmo apresentasse valores superiores aos obtidos na pastagem, tendo em vista que a área de Reserva florestal possui



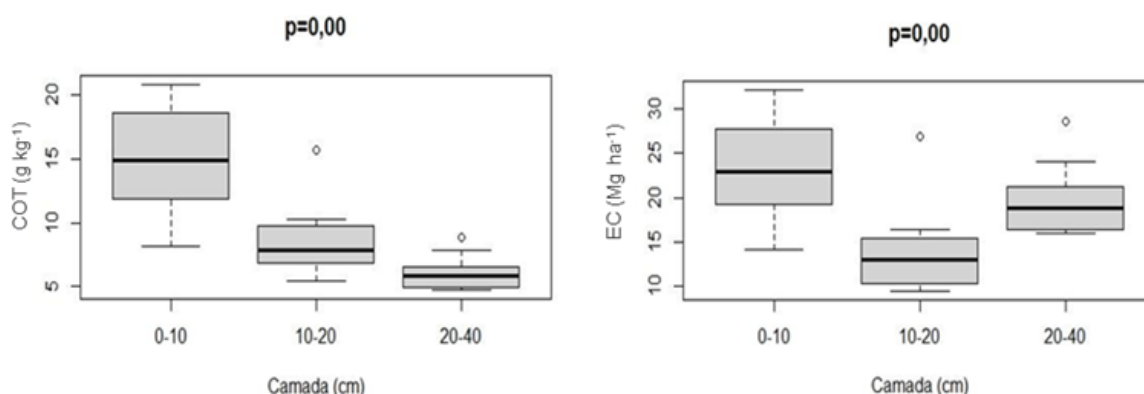
potencial para concentração de carbono, em decorrência do maior aporte global de matéria orgânica proveniente da deposição contínua e variada de substratos orgânicos (Cardoso *et al.*, 2010).

No entanto, Carvalho *et al.* (2010) relatam que a concentração de carbono do solo de uma vegetação depende dos impactos gerados pelas atividades antrópicas nele, e das práticas de manejo implementadas, todo o qual pode interferir na redução ou aumento do estoque de carbono do solo; sendo assim, mesmo que na Reserva florestal os impactos hoje sejam mínimos, é necessário novos estudos para buscar as possíveis causas do fato encontrado.

Quando comparado o sistema ILPF com a Pastagem, esperava-se que o primeiro apresentasse maiores valores do estoque de carbono; porém, o efeito do consórcio da pastagem e a lavoura com o componente florestal não demonstrou um efetivo incremento do carbono. Isso pode estar relacionado às pressões antrópicas sofridas no ambiente em decorrência da mudança do uso da terra e ao tempo de implantação do sistema ILPF, o qual aconteceu no ano de 2011, ocorrendo cultivos entre safras nos anos seguintes, bem como a entrada de animais.

Em relação a comparação entre os teores de carbono e a profundidade, em todos os tratamentos, encontraram-se diferenças: na Figura 5 é possível observar que os maiores teores de carbono estão nas camadas superficiais (0-10 cm), tanto para COT quanto para ECS, as quais evidenciam uma maior variação de carbono em comparação com as profundidades de 10-20 e 20-40 cm. Esse fato, pode estar relacionado com o acúmulo da matéria orgânica presente nas camadas superficiais, que atua na regulação da ciclagem do carbono e sua estabilização.

**Figura 5** – Variação do carbono orgânico total (COT) e o estoque de carbono (EC) entre as camadas (0-10, 10-20 e 20-40 cm).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Segundo o teste posteriori de Dunn, na comparação entre as camadas dos pontos amostrados, os grupos são completamente distintos para COT ( $\text{g kg}^{-1}$ ); porém, em EC ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) as camadas 0-10 e 20-40 cm são semelhantes entre si (Tabela 3).

**Tabela 3** – Comparação entre profundidades para carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EC).

Profundidade	COT	EC
0-10 cm	a	a
10-20 cm	b	b
20-40 cm	c	a

Nota: Letras iguais, indicam que as profundidades em relação ao carbono são semelhantes, na coluna; letras diferentes indicam que diferem, segundo o teste de Dunn. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Quanto às concentrações de carbono ao longo das profundidades amostradas, os maiores valores foram identificados na camada de 0-10 cm, ou seja, na camada mais superficial do solo. Esses resultados corroboram o encontrado por autores como Costa *et al.* (2009), Rangel e Silva (2007), Powlson *et al.* (2016) e Severiano *et al.* (2021), no sentido de que, na superfície do solo, os maiores teores de carbono são atribuídos ao maior aporte de resíduos orgânicos na sua camada superficial, que são principalmente oriundos da decomposição das raízes das pastagens e das árvores, favorecendo um maior acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, de carbono no solo.

Ao analisar os teores de carbono em relação à profundidade, foram verificadas diferenças significativas entre os usos do solo, sendo possível observar que para a quantidade de COT e EC, o tratamento ILPF apresentou apenas maior variação dos dados em 0-10 cm, em comparação com as outras profundidades. A Pastagem e Reserva florestal apresentaram maiores teores de carbono e semelhança entre os tratamentos e profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), ainda que a pastagem se sobressaia em 10-20 e 20-40 cm.

Desse modo, verifica-se que para o COT nas profundidades de 0-10 e 20-40 cm, os tratamentos são semelhantes para os usos do solo (ILPF, Pastagem e Reserva florestal), enquanto para 10-20 cm se mostram diferentes, principalmente entre ILPF e Pastagem. E para EC, apenas em 0-10 cm os tratamentos demonstram semelhanças entre si em profundidade e usos do solo, segundo o teste posteriori de Dunn (Tabela 4).

**Tabela 4** – Comparação entre as profundidades e usos do solo para carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EC).

Usos do solo	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
	COT g Kg <sup>-1</sup>	EC Mg ha <sup>-1</sup>	COT g Kg <sup>-1</sup>	EC Mg ha <sup>-1</sup>	COT g Kg <sup>-1</sup>	EC Mg ha <sup>-1</sup>
ILPF	11,57 a	19,29 a	6,58 a	11,38 a	5,02 a	16,69 a
Pastagem	15,73 a	26,21 a	11,17 b	18,58 b	7,05 a	23,31 b
Reserva	17,37 a	24,51 a	7,91 ab	11,82 ab	5,98 a	18,70 ab

Nota: Valores numéricos indicam médias. Letras iguais, indicam que os tratamentos são semelhantes, na coluna; letras diferentes indicam que eles se diferem, segundo o teste de Dunn. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Como mostrado na Tabela 4, existe uma tendência de maior estoque de carbono na Pastagem, em todas as profundidades, quando comparado a outros usos do solo. Quando realizada a correlação entre o teor de carbono do solo e a variável profundidade para o conjunto das áreas estudadas, verifica-se que existe uma forte correlação entre o carbono e a profundidade, onde a correlação existente se mostra significativa e negativa, indicando que ocorre a redução do carbono no solo com o aumento da profundidade ou vice-versa.

Resultados similares foram obtidos por Rodrigues (2016) e Luiz *et al.* (2015), que ao avaliarem essa correlação em solos próximos a área estudada, verificaram que os teores de carbono orgânico total também diminuíram em profundidade.

Com isso, os resultados obtidos para o carbono e o estoque de carbono nesta pesquisa indicam que a manutenção do carbono no solo ao longo das profundidades analisadas pode ajudar na estabilização dos agregados do solo, na infiltração de água, na redução da erosão, no aumento da fertilidade e na ciclagem de nutrientes no solo, dentre outros benefícios elencados por pesquisadores como Baldock (2007), Powlson, Whitmore e Goulding (2011) e Bento (2018).

Assim, esses resultados indicam que as diferenças locais dos teores de carbono no solo em relação aos tipos de usos podem-se associar ao fato de serem cenários diferentes bem como das diferentes escalas de profundidades analisadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área estudada sofreu alteração na paisagem pelas mudanças do uso da terra ao longo do tempo, sendo que essa alteração é refletida nas propriedades do solo, onde a classe textural mostrou variação entre franco-arenosa (FrAr) e franco-argilo-arenosa (FrAAr), sendo a textura a franco-

arenosa (FrAr) a predominante para a maioria dos pontos amostrados, indicando os teores de areia se sobressaíram aos de argila.

Os valores dos teores de carbono em relação à profundidade em todos os tratamentos amostrados, quando comparados, apresentaram diferenças significativas. Os maiores teores de carbono se mantêm nas camadas superficiais (0-10 cm), tanto para COT quanto para ECS, as quais evidenciaram uma maior variação do COT em comparação com as camadas de 10-20 e 20-40 cm.

Verificaram-se diferenças nos teores de carbono no solo entre as diferentes áreas e tipo de uso estudados, com destaque para a Pastagem onde esses teores foram maiores do que os encontrados na Reserva florestal e ILPF. As áreas de Pastagem e de Reserva florestal foram os tipos de uso que mostraram os maiores valores de estoque de carbono no solo, quando considerada a espessura total das camadas amostradas.

Com isso, pode-se dizer que o estudo do estoque do carbono no solo é de suma importância e necessário em todas as regiões, visto que os solos possuem potencial para estocar grandes quantidades de carbono e desse modo, o conhecimento da sua variabilidade é muito importante na avaliação da qualidade do solo, bem como na mitigação das emissões dos gases do efeito estufa visando a sustentabilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, C.; SILVA, J. R. M; FERREIRA, A. G. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raio x vs. método da pipeta. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 24, n. 3, p. 73-81, jul. 2001. Disponível em: [www.conidis.com.br](http://www.conidis.com.br) Acesso em: 12 abr. 2021.

ALMEIDA, E. M. **Determinação do estoque de carbono em Teca (*Tectona grandis* L. F.) em diferentes idades**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

ARAÚJO, E. A. *et al.* Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica de carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 4, p. 103-114, 2011.

ARRUDA, P. J. R. **Caracterização morfológica, física, química e classificação de uma sequência de solos da reserva legal do IFMT - campus Cáceres**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, 2016.

BALDOCK, J. A. *Composition and Cycling of Organic Carbon in Soil*. In: MARSCHNER, P.; RENGEL, Z. (org.). **Soil Biology. Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems**. Springer-Verlag, Berlin, 2007. p. 1-35.

BELIZÁRIO, M. H. **Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BENTO; D. F. **Caracterização da variabilidade espacial do carbono orgânico e dos estoques de carbono em solos da região centro-oeste do Brasil.** 2018. Dissertação de Mestrado (Engenharia agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1971.

BODDEY, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. S. Sequestro de carbono em solos sob sistemas agropecuários produtivos. Boletim técnico. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2004.

BUENO, B. S.; VILAR, O. M. **Mecânica dos solos.** São Carlos: USP/EESC, 1998.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica.** 3. ed. Tradução de H. B. Ferreira. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 7

CAMPOS, G. M.; JESUS, I. S.; NUNES, F. M. S. Textura do solo: importância para análise granulométrica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2017, Campina Grande, PB, **Anais [...]**. Campina Grande, PB, 2017. Disponível em: [http://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/trabalho\\_ev074\\_md4\\_sa1\\_id633\\_01102017170224.pdf](http://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/trabalho_ev074_md4_sa1_id633_01102017170224.pdf). Acesso em: 12 abr. 2021.

CARDOSO, E. L.; *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CARVALHO, J. L. N. *et al.* **Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil.** *Soil & Tillage Research*, v.110, p.175-186, 2010.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUZA, R. O.; Timm, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4.1, p. 31-37, 2017.

COSTA, F. S. *et al.* Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.

COSTA, O. V. *et al.* Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1137-1145, 2009.

D'ANDRÉA, A. F. *et al.* Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

FAGERIA, N. K; STONE, L. F. **Qualidade do solo e meio ambiente**, EMBRAPA - Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/214941>. Acesso em: 11 jan. 2021

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. **Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 69). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/792567/1/COT69.pdf>. Acesso em: 17 set. 2019.

GERALDINO, C. F. G. **O conceito de meio na Geografia**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-31052011-090251/publico/2010\\_CarlosFranciscoGerencsezGeraldino.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-31052011-090251/publico/2010_CarlosFranciscoGerencsezGeraldino.pdf). Acesso em: 20 jul. 2020.

GREGOLIN, F.S. *et al.* Estoques de carbono do solo sob recuperação de pastagens na Amazônia mato-grossense. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 20, 2016. Foz do Iguaçu-PR, **Anais [...]**, Foz do Iguaçu-PR: RBMCSA, 2016.

IFMT (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cáceres). **Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio na Modalidade Presencial**. Cáceres: IFMT, 2014.

JOOS, F. *et al.* *IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2001.

LAL, R. *Carbon Management in Agricultural Soils. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 12, n. 2, p. 303-322, fev. 2007.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005.

LUIZ, L. D. *et al.* Avaliação do Estoque de Carbono Orgânico em Latossolo Vermelho Amarelo sob Povoamento de *Tectona grandis* L. f. em Diferentes Espaçamentos, IFMT – Campus Cáceres. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35, 2015, **[Anais...]** Natal: CBCS, 2015.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química nova**. v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>.

MAITELLI, G. T. Interações atmosfera-superfície. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (Org.). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2005. 238-249 p.

MAPBIOMAS (Projeto). **Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil 1985-2019**, 2021. (Coleção 5). Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 28 out. 2021.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolos argilosos sob plantio direto**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

MARTINS, C. R. *et al.* Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância da química da atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, 2003. Disponível em: [http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/downloads/material/quimica\\_da\\_atmosfera.pdf](http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/downloads/material/quimica_da_atmosfera.pdf) . Acesso em: 10 maio 2019.



MASSON-DELMOTTE, V. et al. (ed.). *IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2021: Summary for Policymakers. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. 151 p.

MATOS, E. S. *et al.* Estoques de carbono do solo sob integração lavoura-pecuária-floresta. In: FARIAS-NETO *et al.* (org.). **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 253-259.

MELO, R. O. *et al.* Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 12-17, dez. 2008 Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/342>. Acesso em: 7 maio 2020.

MENDES, T. J. **Estimativa da variação do estoque de carbono do solo em diferentes cenários de uso e manejo agropecuário no estado do Maranhão**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136088>. Acesso em: 15 ago. 2020.

MENEZES, C. E. G. *et al.* Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MORAES, J. M. (org.). **Geodiversidade do estado do Mato Grosso**. Goiânia: CPRM, 2010. 111 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras - MG: Ed. UFLA, 2006.

NOGUEIRA, M. O. G. **Estoque de carbono na biomassa radicular e no solo em ecossistema florestal em processo de recuperação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

OLIVEIRA, C. V. de; **Estoque de carbono em solos sob floresta nativa, sistemas agroflorestais de cacau, plantio de seringueira e pasto no Sul da Bahia, Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016. Disponível em: [http://www2.uesb.br/ppg/ppgciflor/wp-content/uploads/2020/08/Camila\\_Vasconcelos\\_de\\_Oliveira.pdf](http://www2.uesb.br/ppg/ppgciflor/wp-content/uploads/2020/08/Camila_Vasconcelos_de_Oliveira.pdf). Acesso em: 13 maio 2020.

PANOSSO, A. R. *et al.* Spatial and temporal variability of soil CO<sub>2</sub> emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 275-282, nov. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.008>.

PETTER, F. A. *et al.* Carbon stocks in oxisols under agriculture and forest in the southern Amazon of Brazil. **Geoderma Regional**, v.11, p. 53–61, 2017.

POTENZA, R. F. *et al.* **Análise das emissões brasileiras de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020 – SEEG**, 2021. Disponível em: [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_9/OC\\_03\\_relatorio\\_2021\\_FINAL.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf). Acesso em: 1 nov. 2021.

POWLSON, D. S. *et al.* Does conservation agriculture deliver climate change mitigation through soil carbon sequestration in tropical agro-ecosystems? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 220, p. 164-174, 2016.

POWLSON, D. S.; WHITMORE, A. P.; GOULDING, K. W. T. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, v. 62, n. 1, p. 42–55, fev. 2011. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2389.2010.01342.x>. Acesso em: 7 jan. 2022.

QUOOS, J. H. **Gerador de Triângulo Textura**, 2021. Disponível em: <http://www.quoos.com.br/index.php/geografia/solos/4-triangulo-textural-solos-argila-areia-silte>. Acesso em: 07 jan 2022

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing. Reference Index. R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria, 2020

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

RASCHE, F.; CADISCH, G. *The molecular microbial perspective of organic matter turnover and nutrient cycling in tropical agroecosystems. What do we know?* *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 49, p. 251-262, 2013.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

RESENDE, T. M. **Conversão de uso e potencial de estoque do carbono nos diferentes usos do solo e cobertura vegetal na bacia do ribeirão bom jardim no triângulo mineiro (MG)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RIBEIRO, S. C. *et al.* Influence of interspecific variation on tree carbon stock of a Brazilian Cerrado. *Revista Árvore*, v. 41, n. 5, e410506, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000500006>.

RODRIGUES, B. M. **Caracterização morfológica, física, química, mineralógica e classificação de solos do IFMT campus cáceres Professor Olegário Baldo**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, 2016.

RODRIGUES, G. L. **A Comunidade do Lobo em Cáceres, Mato Grosso e sua Relação com os Recursos Vegetais, Percepção e Educação Ambiental**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2012.

ROMÃO, R. L. **Carbono orgânico em função do uso do solo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/88223>. Acesso em: 12 jan. 2020.

ROSA R.; SANO, E.; ROSENDO, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. *Soc. & Nat.*, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 333-351, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1982-451320140210>.

ROSESTOLATO FILHO, A. **Geomorfologia aplicada ao saneamento básico na cidade de Cáceres, Mato Grosso**. 2006. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, 2006.

SAIZ, G. *et al.* Variation in soil carbon stocks and their determinants across a precipitation gradient in West Africa. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 18, n. 5, p. 1670-1683, maio 2012.

SALTON, J. C. *et al.* Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v. 46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SANTANA, O. A. *et al.* Relação entre o índice de avermelhamento do solo e o estoque de carbono na biomassa aérea da vegetação de Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 783-794, Santa Maria, 2013.

SANTOS, J. C. B. *et al.* Caracterização de neossolos regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 683-695, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300001>.

SANTOS, M. A **Natureza do Espaço: Técnica, Razão e Emoção**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2003.

SEVERIANO, R. M. *et al.* Soil organic carbon in no-tillage systems of different ages in Southwest Mato Grosso, Brazil. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 250-255, 2021.

SILVA, J. dos S. V. da; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, Número Especial, p. 1703-1711, out. 1998.

SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. Origem e evolução do Pantanal mato-grossense. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia - GO, **Anais [...]**. Goiânia - GO, 2006.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Estimativa da suscetibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, p. 963-973, 2008.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/Profissional/Downloads/ManualdeMetodosdeAnalisedeSolo2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Profissional/Downloads/ManualdeMetodosdeAnalisedeSolo2017%20(1).pdf).

Acesso em: 3 mar. 2019.

WINK, C.; REINERT, S. F. R.; RODRIGUES, M. F.; REICHERT, J. M. Correlação das propriedades físicas com o teor e estoque de carbono do solo em florestas de Eucalipto. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 6.; SIMADERJ, 2., **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UFFRJ, 2010. Disponível em: [http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao\\_Resumos/VISPGCF1.pdf](http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/VISPGCF1.pdf).

Acesso em: 21 jan. 2021.