



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

DIEGO GOMES SOARES

VARIAÇÃO NO ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

**PALMAS, TO
2019**

DIEGO GOMES SOARES

VARIAÇÃO NO ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

Monografia apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Universitário de Palmas para obtenção do título de Bacharel, sob orientação da Prof. (a) Dra. Flávia Lucila Tonani Siqueira.

**PALMAS, TO
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S676v Soares, Diego Gomes.
Variação no estoque de carbono em sistemas agrícolas. / Diego Gomes Soares. – Palmas, TO, 2019.
42 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2019.
Orientadora : Flávia Lucila Tonani Siqueira

1. Cerrado. 2. Matéria orgânica. 3. Plantio consorciado. 4. Efeito estufa. I.
Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DIEGO GOMES SOARES

VARIAÇÃO NO ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT- Universidade Federal do Tocantins- Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pela Orientadora e sua Banca Examinadora.

Data de aprovação

06/12/2019

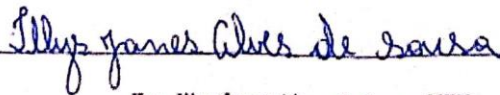
Banca examinadora:



Profa. Dra. Flávia Lucila Tonani Siqueira, UFT.



Prof. Dr. Erich Collicchio, UFT.



Esp. Illys Janes Alves de Sousa, UFT.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada disso estaria acontecendo;

A minha família por todo o apoio prestado em todos esses anos, me dando força e conselhos para continuar sempre que eu pensava em desistir;

A minha orientadora Dra. Flávia Lucila Tonani Siqueira, por ter aceito me orientar nesse trabalho e por todo conhecimento no decorrer da graduação;

Ao meu amigo Illys Janes Alves de Sousa, por toda atenção e paciência que teve comigo durante esse trabalho, estando sempre disposto a ajudar sempre que possível;

As minhas amigas Aline Monteiro da Silva, Jéssyka Ribeiro Santos e Tauana Caroline Xavier de Oliveira, por todos esses anos de amizade, companheirismo e paciência, estando sempre presentes nos momentos bons ou ruins vividos durante a graduação;

A todos os meus amigos da turma XXXII, que desde que iniciamos se tornou a melhor da turma da UFT. Obrigado amigos, por todos esses anos de alegrias e aprendizado com vocês e que venha muito mais. Não vou citar nomes para não correr o risco de acabar esquecendo de alguém;

A todos os amigos que conquistei na UFT, não citarei nomes porque não poucos;

A todos os professores por todo conhecimento e conselhos que me passaram;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente acabou contribuindo de alguma forma com a minha formação.

Muito Obrigado!

RESUMO

Desde a Revolução Industrial, a quantidade de emissão de gases do efeito estufa aumentaram significativamente, contribuindo dessa forma com o aquecimento global. Tendo em vista que o dióxido de carbono é o gás de maior contribuição para esse aquecimento, estudos de medidas mitigadoras são de fundamental importância, sendo o estoque de carbono no solo uma dessas medidas viáveis para minimizar alguns dos impactos ao meio ambiente. Assim, este estudo visou avaliar o estoque de carbono no solo de vegetação nativa do Cerrado, em áreas de sistema convencional com plantio de milho e mandioca, e área com cultivo consorciado milho-mandioca. A área do experimento está localizada no Centro Agrotecnológico de Palmas – TO. Em cada área considerou-se a retirada de amostras de solos em duas profundidades diferentes: 0-10 cm e 10-40 cm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas 4x2 com 5 repetições cada, totalizando 40 parcelas experimentais. As variáveis estudadas foram: umidade, densidade, matéria orgânica, carbono orgânico total e estoque de carbono. Observou-se que as maiores profundidades tendem a ter um maior teor de umidade. Na profundidade de 10-40 cm, a vegetação nativa apresentou maior teor de matéria orgânica e o plantio consorciado milho-mandioca o menor teor. Ambas as áreas com mandioca, solteira ou consorciada, os solos apresentaram maior densidade. A área consorciada milho e mandioca também apresentou o menor teor de carbono orgânico total na profundidade de 10-40 cm, enquanto a vegetação nativa na mesma profundidade foi a que obteve o maior teor. Já no estoque de carbono, observou-se que profundidades maiores tendem a estocar mais carbono, sendo as áreas com plantio de mandioca e a de vegetação nativa, as que apresentaram os maiores valores. Porém, é importante destacar que o manejo ideal é aquele que agrega maior quantidade de matéria orgânica sem compactar o solo, mesmo que isto resulte em um valor de estoque de carbono menor no solo. Sendo assim, o sistema menos eficiente em estocar carbono, foi aquele onde estava consorciado a mandioca e o milho.

Palavras-chaves: cerrado, matéria orgânica, plantio consorciado.

ABSTRACT

Since the Industrial Revolution, the amount of greenhouse gas emissions has increased significantly, thus contributing to global warming. Given that carbon dioxide is the major contributor to this warming, studies of mitigation measures are of paramount importance, with carbon stock in the soil being one of these viable measures to minimize some of the impacts on the environment. Thus, this study aimed to evaluate the carbon stock in the Savana native vegetation soil, in areas of conventional system with corn and cassava planting, and area with intercropping cassava corn. The experiment area is located at the Agrotechnological Center of Palmas – TO. In each area soil samples were taken from two different depths: 0-10 cm and 10-40 cm. The experimental design was completely randomized in a 4x2 split plot scheme with 5 replications each, totaling 40 experimental plots. The variables studied were: humidity, density, organic matter, total organic carbon and carbon stock. Higher depths tend to have a higher moisture content. At a depth of 10-40 cm, the native vegetation presented the highest organic matter content and the intercropping cassava corn the lowest content. Both areas with cassava, single or intercropped, the soils presented higher density. The corn and cassava intercropping area also had the lowest total organic carbon content at a depth of 10-40 cm, while native vegetation at the same depth obtained the highest content. In the carbon stock, it was observed that greater depths tend to store more carbon, with the areas with cassava and native vegetation, having the highest values. However, it is important to note that optimal management is one that aggregates the most organic matter without compacting the soil, even if this results in a lower carbon stock value in the soil. Thus, the least carbon efficient system was the one where cassava and maize were intercropped.

Key words: savana, organic matter, intercropping planting.

LISTA DE SIGLAS

C	Carbono
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COT	Carbono Orgânico Total
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
Est. C	Estoque de carbono
GEE	Gases do Efeito Estufa
IPCC	Painel Intergovenamental Sobre Mudanças Climáticas
LVA	Latossolo vermelho-amarelo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria Orgânica
N ₂	Nitrogênio
N ₂ O	Oxido nitroso
O ₂	Oxigênio
O ₃	Ozônio
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo geral.....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Gases do efeito estufa.....	13
3.2. Cerrado.....	14
3.3. Plantio consorciado	15
3.4. Ciclo do Carbono	16
3.5. Estoque de carbono no solo.....	17
3.6. Fatores que afetam sequestro de carbono no solo	17
3.6.1. Clima.....	17
3.6.2. Vegetação.....	18
3.6.3. Relevo	18
3.6.4. Uso da terra	19
3.6.5. Tipo de solo.....	19
3.6.6. Densidade do solo	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1. Área de estudo.....	21
4.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	22
4.3. Coleta das amostras.....	23
4.4. Características Avaliadas	23
4.4.1. Teor de umidade.....	23
4.4.2. Densidade do solo	24
4.4.3. Estimativa do teor de matéria orgânica (MO), carbono (C) e cálculo de estoque de carbono (Est.C) do solo.....	24
4.4.4. Análises estatísticas.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. Umidade	26
5.2. Matéria Orgânica.....	27
5.3. Densidade	29
5.4. Carbono orgânico total - COT.....	31
5.5. Estoque de carbono	32
6. CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

O assunto mudanças climáticas de um ponto de vista global, nos permite ter uma visão não só quanto a gestão planetária dos recursos naturais, mas também a delimitação à ação antrópica (RIBEIRO, 2015). As mudanças climáticas é um problema ambiental desafiador que acaba interferindo na dinâmica dos biomas e conseqüentemente afetando a vida do planeta (CARVALHO; VAN ELK; ROMANEL, 2017).

A composição da atmosfera terrestre se dar por diferentes gases e partículas, sendo que a parte gasosa é constituída por 78% de nitrogênio (N_2), 21% de oxigênio (O_2) e 1% de gases traços (LE TREUT et al., 2007). Tais gases traços são popularmente conhecidos como gases do efeito estufa (GEE), no qual faz parte o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), o ozônio (O_3) e o vapor d'água.

O CO_2 dentre os GEE, é o gás que possui uma maior contribuição no aquecimento global, devido a sua grande quantidade emitida de diversas formas para a atmosfera. Já o CH_4 apesar de ser emitido em menor quantidade, possui um alto potencial de aquecimento, aproximadamente 20 vezes maior que o CO_2 (CARVALHO, 2002). O CO_2 possui uma vida longa na atmosfera terrestre, sendo a reversão desse gás na atmosfera muito lenta, tornando-o assim de grande importância a redução de emissão do mesmo (SOUZA; PREZOTTI; GUARCONI, 2012).

Pensando-se nisso e no constante aumento não só de CO_2 , mas também de monóxido de carbono (CO), tem-se elencado em discussões, alternativas para redução de emissão desses gases, tendendo minimizar impactos ao meio ambiente (ROSA; SANO; ROSENDO, 2014). Brito et al. (2018) em seu trabalho cita algumas alternativas viáveis, no qual temos como destaque a conservação de estoques de carbono no solo, florestas nativas e outros tipos de vegetação.

De acordo com trabalho realizado por Tito, León e Porro (2009), a quantidade de carbono presente no solo está diretamente associada ao processo de decomposição da biomassa por atividades bacterianas. Cerri e Cerri (2007) ressaltam que uma parte considerável desse carbono está presente em forma de matéria orgânica, a qual se torna de fácil decomposição quando o solo não é tratado adequadamente, contribuindo assim para o agravamento do efeito estufa devido a liberação de GEE.

Fica claro como é importante a realização de estudos sobre o comportamento de diferentes sistemas de manejo do solo para o estoque de carbono, e como elas podem contribuir para este processo, visando atender a práticas conservacionista do mesmo.

Diante do exposto, o presente estudo visa avaliar o estoque de carbono em duas diferentes profundidades em solo de área de vegetação nativa do Cerrado, área de sistema convencional com plantio de milho e mandioca e em área com cultivo consorciado com milho-mandioca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o estoque de carbono no solo de vegetação nativa do Cerrado, em áreas de sistema convencional com plantio de milho e mandioca, e área com cultivo consorciado milho-mandioca.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar a densidade (g/cm^3) e determinar o teor de umidade (%) do solo em diferentes áreas e duas profundidades;
- Estimar o teor de matéria orgânica (g/kg) do solo em diferentes áreas e duas profundidades;
- Estimar carbono orgânico total (g/kg) presente no solo em duas diferentes profundidades;
- Calcular o estoque de carbono (t.ha^{-1}) do solo em duas diferentes profundidades.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

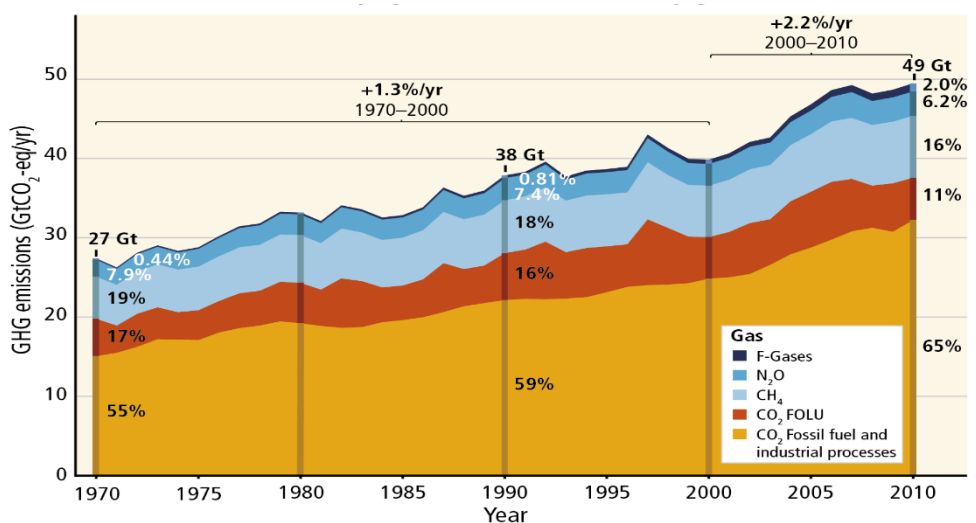
3.1. Gases do efeito estufa

Ciclos naturais como resfriamento e aquecimento, são normais no Planeta Terra, porém percebe-se que atualmente as atividades antropogênicas como a degradação ambiental (nos processos de desertificação, de desmatamento, na diminuição da biodiversidade) vêm afetando esse ciclo natural terrestre, tendo em vista que o uso irracional dos recursos naturais pelo homem, é maior que o de recuperação, supondo assim que a atividade humana é determinante no que se refere à mudanças climáticas (BLANK, 2015).

A crescente emissão de CO₂ e CH₄ provindas da intensificação das atividades antrópicas, causa o agravamento do chamado efeito estufa, causando impactos intensivos e variados (PINHEIRO; CAVALCANTI; BARROS, 2018). Esses gases juntamente com o NO₂ e o vapor d'água, formam os chamados gases do efeito estufa, efeito esse natural e fundamental para a vida terrestre, porém, com as altas emissões desses gases torna-se preocupante, pois devido às grandes quantidades dos gases, o calor fica retido na superfície terrestre, ocasionando um maior aumento de temperatura.

Segundo dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), foram emitidos do período de 1970 a 2010, 22 GtCO₂-eq de gases de efeito estufa – GEE (Figura 1), sendo que o CO₂ em suas diversas fontes de emissão, como a mudança de uso da terra, combustíveis fósseis e processos industriais, nesse período de tempo teve um aumento de 4%, por outro lado no mesmo período, ocorreu uma diminuição de 3% do CH₄.

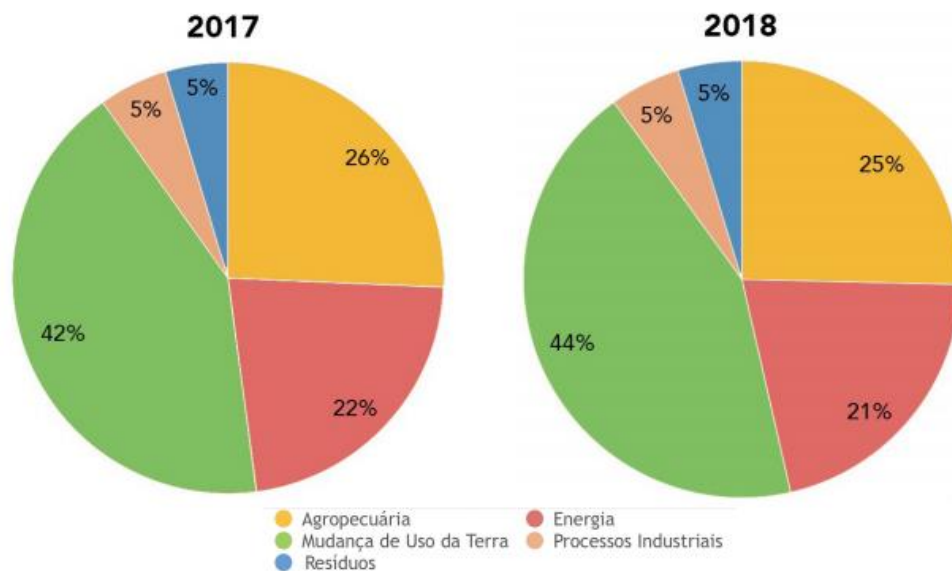
Figura 1: Total anual de emissões antropogênicas de GEE por gases 1970-2010.



Fonte: (IPCC, 2014).

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2019) do Observatório do Clima (OC) em seu último relatório de síntese publicado em 2019, destaca que o Brasil foi responsável em 2018 pela emissão de cerca de 1,939 bilhão de tCO₂-eq, sendo esse valor maior 0,3% registrado no ano de 2017, quando emitiu cerca de aproximadamente 1,932 bilhão de tCO₂-eq. O relatório ainda destaca que no ano de 2018 44%, ou seja, 845 milhões de tCO₂-eq (Figura 2) desse total emitido, é proveniente da mudança de uso da terra, percentual esse bem acima das demais atividades que apresentaram, 25% referente a agropecuária, 21% do setor de energia, 5% provenientes de resíduos e também 5% de processos industriais.

Figura 2: Proporção de emissões por setor em 2017 e 2018.



Fonte: (SEEG, 2019)

Dessa forma devido a essas grandes quantidades de emissões dos GEE, alternativas de mitigação tornam-se de fundamental importância para manter um equilíbrio ambiental.

3.2. Cerrado

Distribuído e sendo identificado em grande parte do território nacional, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, o cerrado brasileiro possui formações savânicas, campestres e também florestais (BANDEIRA; CAMPOS, 2018). Porém, devido ao grande índice de desmatamento, o bioma é responsável por emitir grandes quantidade de CO₂

para a atmosfera, sendo responsável por 168 MtCO₂-eq no ano de 2018 e 186 MtCO₂-eq em 2017 (SEEG, 2019).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2011), o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, possuindo uma área de aproximadamente 2.036.448 km², cerca de 24% do território brasileiro, apresenta uma grande biodiversidade sendo considerado como um hotspot mundial. Por se tratar de um bioma com alto potencial de conversão para usos do solo, torna-se um bioma bastante ameaçado, acarretando a sua perda de vegetação nativa (MMA, 2011).

Bandeira e Campos (2018) enfatiza que o cerrado brasileiro sua formação vegetal é composta por árvores, arbustos e gramíneas e apresenta características como plantas de pequeno porte com troncos retorcidos, com folhas e cascas grossas.

Ribeiro e Walter (2008), descreveram 11 principais tipos de vegetação para o bioma Cerrado que são enquadrados em: formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). Salienta-se a existência de algumas subdivisões ou simplesmente subtipos de vegetação, o qual vale destacar o Cerrado Denso (subtipo do Cerrado Sentido Restrito), subtipo esse identificado para a área de Cerrado do presente estudo.

Ribeiro e Walter (2008) classificaram o Cerrado Denso com predominância arbórea, cobertura de 50% a 70% e altura média entre 5 e 8 metros. E tipo de cerrado é considerado como a forma mais densa e alta do Cerrado Sentido Restrito.

3.3. Plantio consorciado

A busca por melhores práticas agrícolas sustentável, vem despertando interesse para um melhor uso do solo e o consórcio de cultura aparece como uma dessas práticas, apresentando um grande potencial na contribuição para a conservação do uso do solo (GITTI et al., 2012).

O consórcio de cultura é uma alternativa conservacionista utilizada a bastante tempo e se caracteriza pelo cultivo de duas ou mais culturas em uma mesma área e mesmo tempo, aproveitando desse modo o melhor uso da área (HENZ; ALCANTARA; RESENDE, 2007).

Segundo Cavalcante (2014), a prática de consórcio de cultura no Brasil é normal, e ainda mais quando se trata do milho que pode ser combinado com algumas culturas, dentre elas a mandioca.

3.4. Ciclo do Carbono

Constituído por uma complexa mistura de materiais orgânicos, o carbono orgânico e os estudos relacionados a ele têm ganhado ênfase nos últimos anos, por ser uma variável impactante e uma fonte de emissão de GEE na atmosfera (SCHARLEMANN et al., 2014). Porém um fator pode ser decisivo para definirmos se o solo irá contribuir na fixação ou emissão de carbono, esse fator é o tipo de manejo que é adotado no local. Para esclarecer como esse processo funciona Paustian et al. (2016) explica que quando ocorre a adição de matéria orgânica em maior grau do que a decomposição do carbono, ocorre o armazenamento do carbono, por outro lado, quando a decomposição da matéria orgânica é maior que a adição do mesmo no solo, passa a ocorrer a emissão de carbono para a atmosfera.

Para Ciaís et al. (2013) o ciclo do carbono é constituído por um grande número de reservatórios que se encontra conectados, permitindo que o carbono se movimente entre eles. Sendo ainda divididos em dois campos, o primeiro refere-se ao carbono que está armazenado na atmosfera, oceanos, sedimentos do fundo do oceano, vegetação, solos e água doce. Já o segundo refere-se ao carbono estocado em rochas e sedimentos.

Na atmosfera existe uma grande concentração de carbono na forma de CO_2 e CH_4 , e esses elementos passam por trocas com os oceanos, processo este que contribui bastante para a regulação do clima da Terra (CIAIS et al., 2013). Este carbono que está tão disponível na atmosfera também se relaciona com o sistema terrestre, sendo incorporado ao solo pela fotossíntese dos vegetais principalmente (VANRELL, 2016).

Lal (1999) esquematiza a distribuição de carbono na Terra, onde segundo ele o maior compartimento é o oceano com 3800 PgC, em sequência as formações geológicas que constituem 5000 PgC, o solo apresenta 2500 PgC sendo o maior nos ecossistemas terrestres, sendo cerca de 4 vezes maior que o compartimento da vegetação e 3,3 vezes maior que o carbono presente no compartimento atmosfera.

Estima-se que cerca de 60% das terras do planeta já tenham sido totalmente ou parcialmente desmatadas (SCHARLEMANN et al., 2014). E como nessas áreas existia muito carbono orgânico armazenado, pequenas alterações nestes ecossistemas já implicam em grandes mudanças nas concentrações de CO_2 na atmosfera (STOCKMANN et al., 2013).

As áreas de cerrado apresentam uma grande quantidade de carbono na constituição do solo, como foi observado nos estudos desenvolvidos por diversos autores, como o realizado por Gazolla et al. (2015) que estudaram o carbono orgânico total presente em latossolos vermelho da região de Rio Verde e Montividiu no estado de Goiás. Onde os autores além de analisarem

diferentes formas de manejo, também analisaram o Cerrado nativo, que apresentou teor de carbono no valor de 9,75 % em profundidade de 0-10cm e de 5,64 % para profundidade de 10-20 cm de solo.

3.5. Estoque de carbono no solo

É notável o grande aumento de CO₂ no período pós revolução industrial, ocasionado principalmente devido as ações humanas na alteração de uso da terra na agricultura (MENDES; TAKETANI; TAKETANI, 2017). Sendo assim, alternativas de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, cada vez mais ganha força, sendo o estoque de carbono no solo uma dessas alternativas (ROCHA et al., 2014). O estoque de carbono no solo é classificado como um dos fatores mais importantes para diminuição de emissão de GEE (BALBINO et al., 2011).

O sequestro de carbono é realizado através da respiração das plantas, pelo processo da fotossíntese. O que é sequestrado é o resultado do que é fotossintetizado subtraído pelo que foi respirado (BELTRÃO; CARDOSO; VALE, 2007).

O C é depositado em forma de matéria orgânica e permanece algum tempo no solo. Em seguida a MO vem a ser decomposta em parte ou totalmente. No primeiro caso faz com que o C se incorpore ao solo, em forma de compostos intermediários, já o segundo caso o C retorna a atmosfera em forma de CO₂ (COSTA et al., 2015). A redução do carbono orgânico (CO) no solo ocorre por sua mineralização química como pelo consumo de C do solo e liberação na forma de CO₂ (PARRON; RACHWAL; MAIA, 2015).

Segundo Mello et al. (2015) a quantidade de carbono orgânico presente no solo sofre grande influência de fatores de formação do solo, tais como: o clima, a biota, o material de origem, dentre outros.

3.6. Fatores que afetam sequestro de carbono no solo

3.6.1. Clima

Fatores como temperatura, precipitação, e evapotranspiração tem afetado o acúmulo de carbono no solo conforme explica Dinakaran et al. (2014). Estudos comprovam que o comportamento do carbono no solo é inversamente proporcional ao comportamento da temperatura e da evapotranspiração, uma vez que quando ocorre o aumento destas duas últimas variáveis a quantidade de carbono é reduzida. Sendo diretamente proporcional a precipitação, de modo que em uma menor temperatura e maior precipitação é possível obter um aumento de conteúdo de carbono no solo (JOBÁGY; JACKSON, 2000).

Comportamento esse explicado por Davidson e Jansens (2006), onde a temperatura e a precipitação interferem na formação de agregados do solo, que são responsáveis por proteger a matéria orgânica e o carbono orgânico presente nela. A temperatura influi sobre os processos de adsorção e dessorção da matéria orgânica, já a precipitação juntamente com a drenagem do solo regulam a disponibilidade de oxigênio para o processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos. A vegetação também pode ser influenciada pelo clima, uma vez que este interfere no desenvolvimento das plantas e por consequência na quantidade de resíduos que disponibilizam o carbono ao solo.

Alguns estudos comprovam a influência principalmente da temperatura nestes processos, como Ganuza e Almendros (2003) em estudo realizado na região semiárida da Espanha onde a temperatura foi a principal variável a interferir sobre o carbono orgânico em áreas ocupadas com agricultura e vegetação arbustiva.

3.6.2. Vegetação

A presença de vegetação e o seu tipo possuem bastante influência na variação do carbono no solo, uma vez que grande parte do carbono vem dos resíduos vegetais, onde a profundidade das raízes, produção e decomposição de liteira (camada de material vegetal que se deposita sob o solo), e matéria orgânica influem na concentração do carbono no solo (DINAKARAN et al., 2014).

O carbono orgânico é influenciado por três fatores principais, a entrada de matéria orgânica por meio dos resíduos biológicos, transporte de carbono das camadas superficiais para as subsuperficiais, a proteção física e a decomposição de matéria orgânica. A vegetação também influi sobre a agregação e estabilidade do solo (JOBÁGY; JACKSON, 2000).

3.6.3. Relevo

Outro fator de importância sobre a quantidade de carbono retido no solo é o relevo. Regiões de altas altitudes tendem a apresentar uma menor temperatura e uma precipitação mais elevada, o que normalmente levaria a um maior acúmulo de carbono (DAI; HUANG, 2006). Porém, Dorji, Odeh e Field (2014) destacam que, maiores altitudes propiciam a presença de solos mais rasos, o que por consequência leva a um menor estoque de carbono.

A declividade também deve ser considerada, por influenciar no direcionamento das águas superficiais e no balanço hídrico do solo, atuando sobre processos erosivos e deposição de sedimentos (TAN et al., 2004). Considerando a influência da erosão sobre o transporte de

carbono orgânico Lal (2003) concluiu que a emissão de carbono do solo para a atmosfera por meio de erosão é de 0,8 a 1,2 Pg C/ano. Em estudo sobre a variação de estoque de carbono em áreas montanhosas que apresentavam processos erosivos, De Baets et al. (2013) concluiu que se controlada a erosão, estas áreas passam a apresentar grande potencial de armazenamento de carbono no solo, com destaque para áreas de deposição de sedimentos.

3.6.4. Uso da terra

De forma geral, assim como é explicado por Lal e Bruce (1999), o uso que é dado a terra, acaba influenciando de certa forma em dois aspectos, o primeiro é a capacidade do solo em proteger o carbono orgânico e o segundo na entrada de carbono que esse solo recebe. Áreas que recebem preparo mecanizado sofrem mais impactos quanto a conservação do carbono no solo. Dinakaran et al., (2014) explica que nestes locais ocorre uma grande redução de concentração de carbono orgânico, por ocorrer revolvimento e quebra de agregados do solo, levando de certa forma organo-minerais para a superfície, locais esses de mais fácil decomposição.

Uma boa parte dos estudos já realizados, têm considerado apenas as camadas superficiais do solo para análise da variação de estoque de carbono, porém Lorenz e Lal (2005) em seu estudo, comprovaram que em uma profundidade superior a um metro de solo existe um potencial de armazenamento de 760 a 1520 Pg de carbono da atmosfera.

3.6.5. Tipo de solo

A origem do solo analisado pode apresentar grande influência quanto ao estoque de carbono no solo, podendo ainda ser mais importante do que o manejo empregado na área. Quesada et al. (2010), em estudo realizado na região amazônica, observaram que a presença do carbono orgânico tende a diminuir dos solos jovens para solos mais antigos. O tipo de solo também consegue influenciar na textura e a granulometria, sendo que a última influi bastante na capacidade do solo em proteger o carbono orgânico no processo de decomposição.

Em estudo de Zinn, Lal e Resck (2005), realizado no cerrado brasileiro, mostraram uma grande relação entre o carbono e conteúdo do solo (argila e silte). Albaladejo et al. (2013) estudou a influência do processo de formação no solo e como ele pode influenciar na concentração de carbono, neste estudo foram encontrados neossolos flúvicos que apresentavam menor concentração de carbono na superfície e maiores valores em maiores profundidades, fato

esse explicado pelo processo de formação desse solo, que se formaram a partir de sedimentos aluviais de diferentes tipos de materiais.

3.6.6. Densidade do solo

Lal e Kimble (2001), destacam a densidade do solo é de fundamental importância para cálculo de quantificação de estoque de carbono, podendo a mesma variar espacialmente e temporalmente por influência de fatores naturais e antrópicos. Os fatores antrópicos variam de acordo com o uso da terra e o manejo adotado, e os naturais pelo tipo de solo, textura, agregação, conteúdo de argila, fauna do solo, vegetação e temperatura (LAL; KIMBLE, 2001).

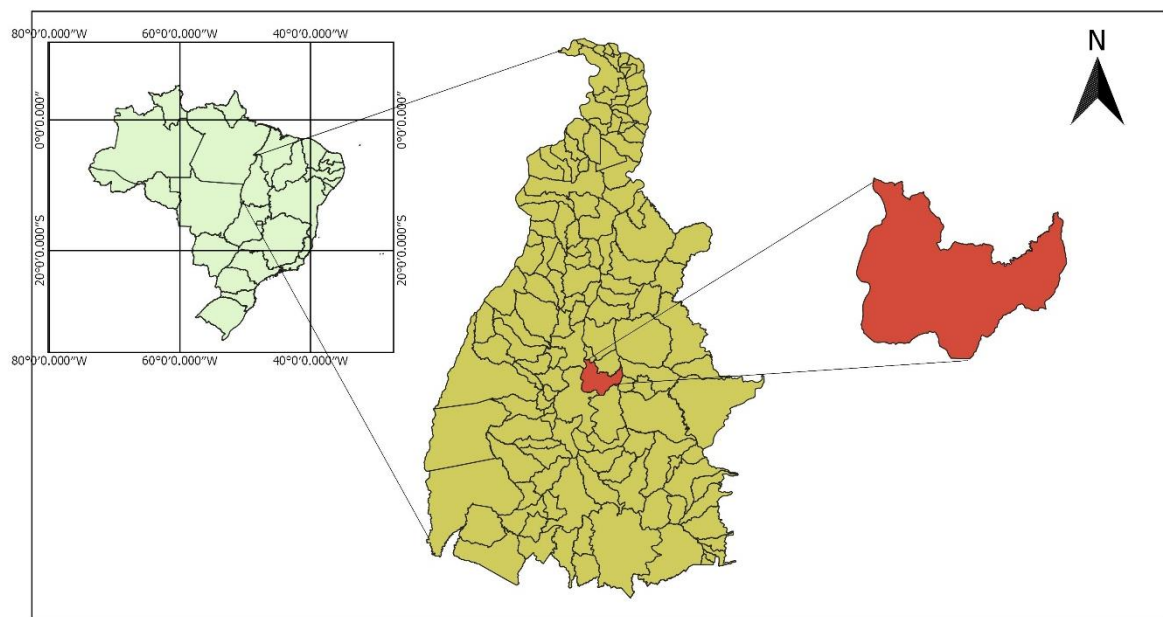
O estudo da densidade do solo é de grande importância, já que a mesma pode interferir no crescimento radicular das espécies e que segundo Medina (1985); Corsini e Ferraudo (1999) o nível crítico para que isso não ocorra, é de $1,75 \text{ g/cm}^3$. Porém, Don, Schumacher e Freibauer (2011), salientam que a densidade do solo é um dado que deve ser estudado caso a caso, uma vez que ele pode mudar de acordo com o uso e tipo de manejo adotado no local, sendo fundamental a sua avaliação para alcançar um melhor dado de estoque de carbono.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

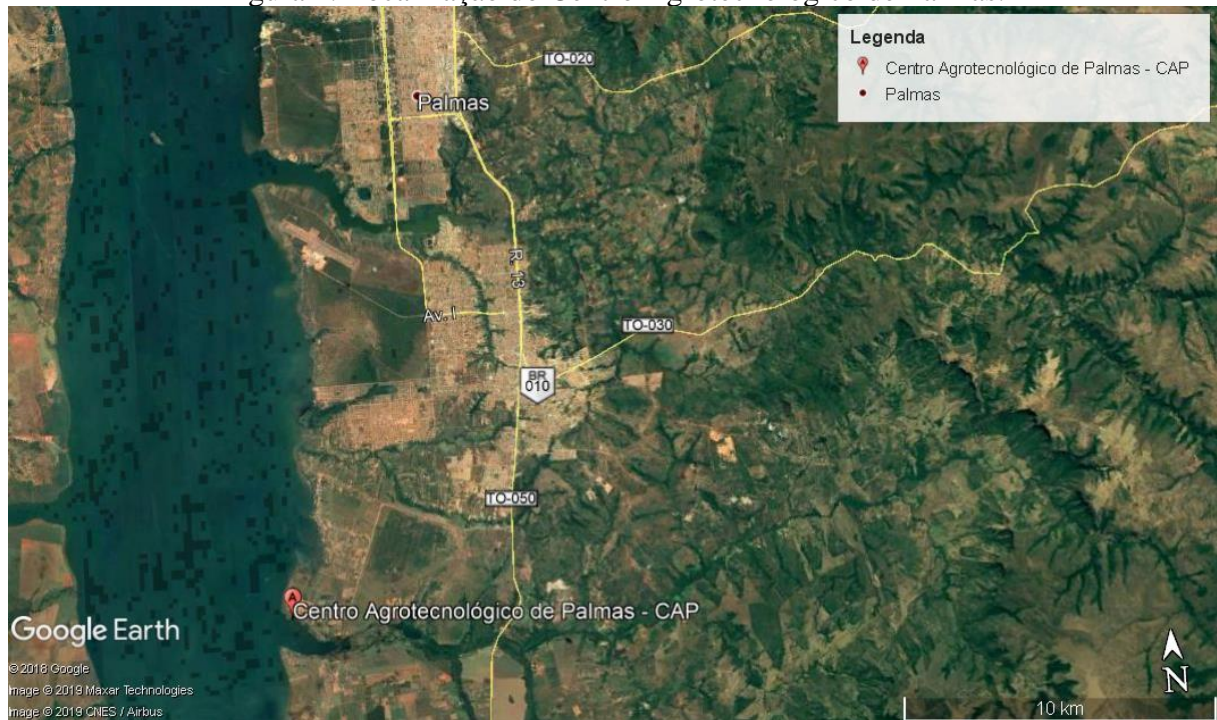
A coleta de solo do presente estudo foi realizada no período seco, no mês de junho de 2019, na área do Centro Agrotecnológico de Palmas (Figura 4), localizado no km 23 da Rodovia TO-050 – estrada vicinal km 8, na coordenada 10°23'50,61" S e 48°22'17,25" O às margens do Lago da UHE – Luís Eduardo Magalhães. O município de Palmas (Figura 3) possui uma altitude média de 260 m. O clima é classificado por Köppen e Geiger (1928) como C2wA´a´´ - Clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica. Precipitação média anual de 1600 mm e temperatura média de 27 °C. A região onde está localizado o Centro Agrotecnológico, segundo a Seplan (2015) apresenta o solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo – LVA.

Figura 3: Mapa de localização do município de Palmas – TO.



Fonte: próprio autor.

Figura 4: Localização do Centro Agrotecnológico de Palmas.



Fonte: próprio autor.

Figura 5: Pontos de coleta do solo no Centro Agrotecnológico de Palmas.



Fonte: próprio autor.

4.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de quatro áreas culturas distintas: a) área com preparo convencional sob cultura de milho (MI); b) área com preparo convencional sob cultura de

mandioca (MA); c) área com sistema consorciado milho-mandioca (MM) e d) área de vegetação nativa (VN) classificado como Cerrado denso, com uma altura média de 5 a 8 m e cobertura arbórea de 50 a 70% (RIBEIRO; WALTER, 2008). Vale ressaltar que as áreas com cultura de milho, mandioca e milho-mandioca consorciado era ocupada anteriormente por capim andropogon. E a área de mata nativa nunca sofreu qualquer tipo de intervenção antrópica.

Em cada área considerou-se a retirada de amostras de solos em duas profundidades diferentes: 0-10 e 10-40 cm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas 4x2 com 5 repetições cada, totalizando 40 parcelas experimentais.

4.3. Coleta das amostras

A coleta foi realizada segundo instruções do manual de coleta da Embrapa (FILIZOLA; GOMES; SOUZA, 2006), cada área foi dividida por parcelas. Para coletar as amostras em cada uma das áreas foram utilizados canos de PVC. Em cada área foram coletadas cinco amostras de solo com profundidade de 0-10 e 10-40 cm, os cilindros volumétricos feitos com cano PVC, foram cravados no solo por meio de percussão até seu preenchimento total. Tomando o cuidado de remover o excesso de solo, até igualar as bordas do cilindro. Com o cilindro já preenchido, o mesmo foi envolto em papel alumínio visando manter e conservar todo o solo coletado. Estas amostras foram utilizadas para determinar a umidade, densidade do solo, matéria orgânica, carbono total e estoque de carbono.

4.4. Características Avaliadas

4.4.1. Teor de umidade

Para análise da umidade do solo as amostras foram levadas para secar em uma estufa a 55°C, por 72 horas, visando obter sua massa seca. Após esse período, determinou-se a umidade através da equação:

$$U(\%) = \frac{(PU - PS)}{PU} * 100$$

Onde:

U = Umidade do solo (%)

PU = peso úmido da amostra (g)

PS = peso seco da amostra (g)

4.4.2. Densidade do solo

A densidade do solo foi estimada através do método do cilindro volumétrico, conforme o manual da Embrapa (CLAESSEN, 1997). O volume do cilindro foi determinado conforme a equação a seguir:

$$V = \frac{\pi d^2}{4 \cdot h}$$

Onde:

V: volume do cilindro (cm³);

d: diâmetro interno do cilindro (cm);

h: altura do cilindro (cm).

Após determinado o volume do cilindro, determinou-se a densidade através da equação:

$$D = \frac{m}{v}$$

Onde:

D: densidade aparente do solo (g/cm³);

m: massa de solo seco (g);

v: volume do cilindro (cm³).

4.4.3. Estimativa do teor de matéria orgânica (MO), carbono (C) e cálculo de estoque de carbono (Est.C) do solo

Para estimar o teor de matéria orgânica, utilizou-se 1 g do solo seco de cada amostra, que após pesagem foram colocadas na mufla, a uma temperatura de 500 °C durante um período de 5 h. Posteriormente, estas amostras foram pesadas e o teor de matéria orgânica (a quantidade de matéria orgânica perdida) foi obtido, por meio da diferença entre o peso inicial (1g) e final (DAVIES, 1974).

Para estimar o C do solo a partir da MO, foi adotado o fator 1,9 em vez de 1,8, conforme sugerido por Pribyl (2010) para amostras de solo, por ser esse valor mais preciso que o fator “van Bemmelen” de 1,724.

Com isso, para estimar o teor de carbono no solo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$C = \frac{MO}{1,9}$$

Onde, MO é a matéria orgânica, C é o carbono (g/kg).

Já o cálculo do estoque de carbono foi obtido, como demonstrado por Veldkamp (1994), através da expressão:

$$EstC = \frac{(C * D * h * 10)}{10}$$

Onde:

Est. C: estoque de C orgânico em determinada profundidade (t.ha⁻¹);

D: densidade aparente do solo (g/cm³);

h: espessura da camada amostrada (cm);

C: teor de carbono total do solo (g/cm³).

4.4.4. Análises estatísticas

Os dados das variáveis estudadas, foram submetidos ao teste Shapiro – Wilk para verificação da normalidade dos dados e os dados que não se encontraram dentro da curva padrão foram transformados e posteriormente foram submetidos ao teste F pela análise de variância, o teste utilizado para comparar as médias foi o Scott Knott ao nível de 5% de significância, todos os testes utilizados no presente trabalho foram realizados no programa “sisvar 5.6” (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1, resumo de análise de variância indica interação significativa entre os fatores profundidade e área para todas as variáveis ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 1 – Resumo do quadro de análise de variância dos parâmetros umidade, matéria orgânica, densidade, carbono orgânico total e estoque de carbono dos diferentes sistemas de tratamento.

FV	GL	QM				
		Umidade	MO	Densidade	COT	Est. C
Área	3	0,065*	4,017*	0,059*	1,112*	64,949*
Profundidade	1	0,611*	7,539*	2,976*	2,079*	1732,119*
Área x Profundidade	3	0,022*	0,702*	0,0016*	0,1946*	26,57*
Erro	32	0,003	0,175	0,005	0,048	8,995
Total corrigido	39					
CV (%)		6,19	6,43	5,88	6,43	7,19

(*) Significativo ao nível ($P < 0,05$) e NS: não significativo ($P > 0,05$).

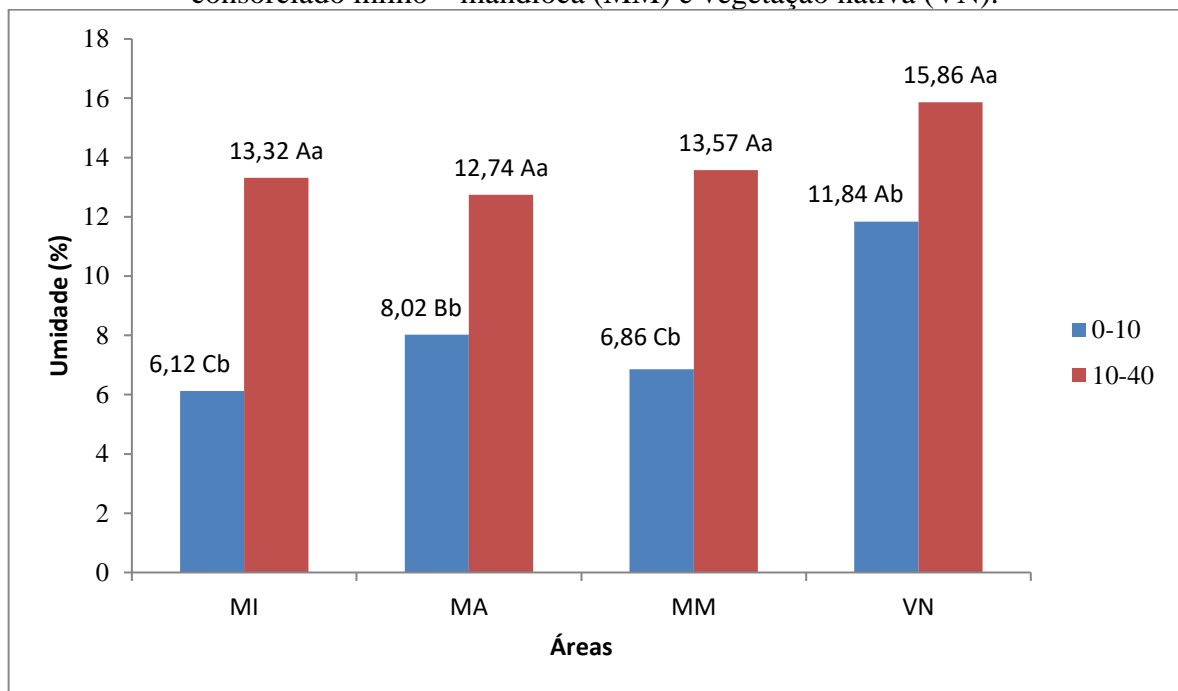
5.1. Umidade

No gráfico 1, é apresentado os resultados de umidade do solo nas diferentes áreas e profundidade. A umidade variou com a profundidade ($p < 0,05$). Quando se compara as áreas entre si na mesma profundidade, não houve diferença ($p > 0,05$) de umidade do solo, entre elas na profundidade até 10-40 cm e o valor médio obtido foi de 13,87%. Já na profundidade de 0-10 cm, a umidade do solo diferiu entre os solos das diferentes áreas avaliadas ($p < 0,05$), sendo que a maior umidade foi observada em solos de VN (11,84%), seguido pelo solo sob cultivo de MA (8,02%) e por fim os solos sob cultura de MM consorciados e somente com MI, cuja média de ambos foi de 6,49% e foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Ao se comparar a umidade em solos sob mesmo cultivo em profundidades diferentes observou-se que em todas as áreas avaliadas ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) da umidade, onde foi observado que em todas as áreas a profundidade de 10-40 cm obteve maior teor de umidade em relação a profundidade de 0-10 cm. Este comportamento pode ter sido devido ao efeito que a vegetação nativa exerce sobre o solo, sombreando de forma mais eficiente e evitando evapotranspiração excessiva. Silva (2019) em seu estudo, analisou o teor de umidade em solos de cerrado com vegetação nativa no município de Porto Nacional – TO e encontrou 9,14% na profundidade de 0-10 cm e 9,12% na profundidade de 10-40 cm. O tipo de solo, a quantidade de matéria orgânica, a vegetação e o manejo podem influenciar na variação da umidade no perfil do solo. Uma justificativa que pode ser aceita quanto a essa inferioridade, é que as áreas de plantio convencional sofrem todo um preparo, um revolvimento da terra

através do arado ou gradeamento, fato esse que torna tal camada superficial mais vulnerável a perda de água por evaporação, já que o período da coleta foi em período seco com temperaturas mais elevadas. Outro aspecto é que o plantio convencional em seu revolvimento do solo estimula a degradação da matéria orgânica e assim, com menos matéria orgânica pode ocorrer maior perda de água do solo.

Gráfico 1: Teor de umidade (%) em solo de Cerrado em profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, em áreas de sistema convencional com plantio de milho (MI), mandioca (MA), consorciado milho – mandioca (MM) e vegetação nativa (VN).



Fonte: próprio autor.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas representam a comparação entre as áreas, letras minúsculas representam a comparação entre as profundidades.

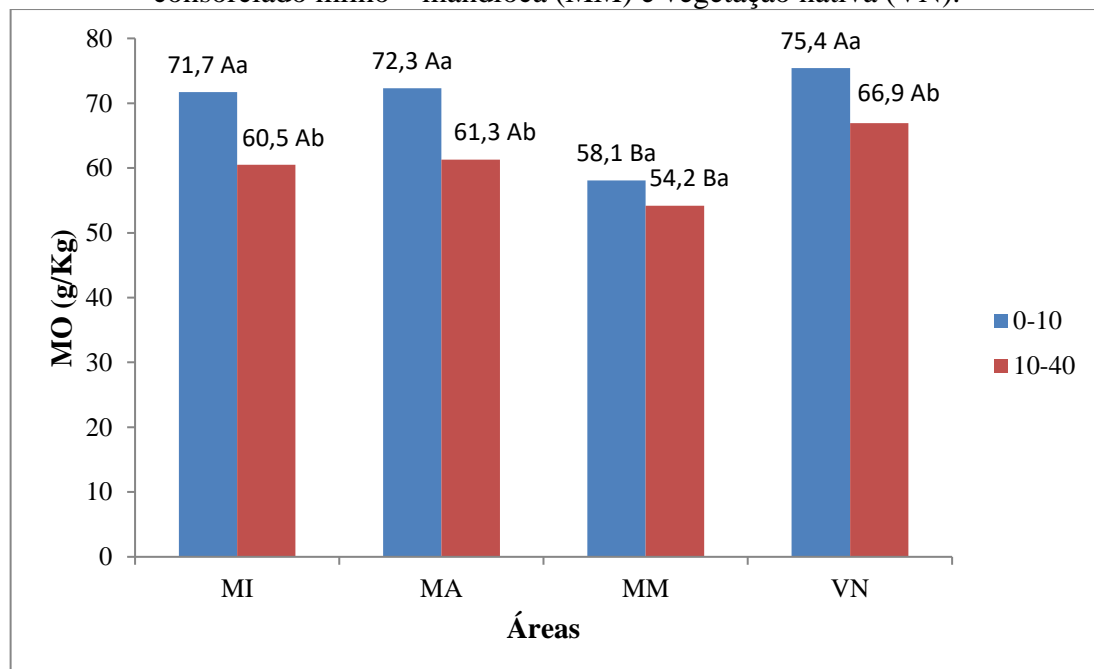
5.2. Matéria Orgânica

O gráfico 2, são apresentados os resultados de matéria orgânica do solo de diferentes áreas e em profundidade distintas. No teor de MO encontrado, há interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores.

Na camada de 0-10 cm o teor de MO variou de 58,1 a 75,4 g/kg entre os solos sob cultivo consorciado MM e sob VN diferindo entre si ($p < 0,05$), porém a MO do solo sob VN e os demais foram semelhantes ($p > 0,05$). Na profundidade de 10-40 cm, houve uma redução na MO em todos os solos estudados e o solo consorciado MM foi o que apresentou a menor concentração de MO (54,2 mg/kg) diferindo do solo de VN com 66,9 mg/kg que foi semelhante aos demais.

Dentro de uma mesma área, mas em profundidades distintas, verificou-se que houve redução ($P < 0,05$) na maioria delas, mas no solo de consórcio MM não houve diferença ($p > 0,05$) na concentração de MO nas profundidades. Araújo, Goedert e Lacerda (2007) em seu estudo sobre a qualidade de um solo sob diferentes usos, analisou o teor de matéria orgânica em solos de cerrado nativo e de milho, onde utilizaram plantio convencional e obtiveram de 82,9 g/kg e 66 g/kg na profundidade de 0-10 cm e 72,5 g/kg e 67,2 g/kg na profundidade 10-30 cm, valores próximos aos encontrados no presente estudo.

Gráfico 2: Teor de matéria orgânica (g/kg) em solo de Cerrado em profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, em áreas de sistema convencional com plantio de milho (MI), mandioca (MA), consorciado milho – mandioca (MM) e vegetação nativa (VN).



Fonte: próprio autor.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas representa comparação entre as áreas, letras minúsculas representam a comparação entre as profundidades.

Pode-se dizer que a maior presença de MO encontrada para a área de VN está associada diretamente a maior presença de biomassa no solo.

No estudo de Costa et al. (2018) sobre a dinâmica de carbono no solo, avaliaram o teor de matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm, onde encontraram uma média de 81,08 g/kg em fitofisionomia de Cerrado típico e 82,67 g/kg em fitofisionomia Cerradão, valores esses superiores ao encontrado nesse na área de VN desse estudo.

A matéria orgânica contribui para melhorias na fertilidade do solo, manutenção da umidade, menor variação da temperatura e melhoria na estrutura do solo. Portanto, em solos de Cerrado que são altamente intemperizado, de baixa fertilidade, CTC, pH e predominantemente

arenosos, os sistemas de manejo devem primar pela máxima deposição de matéria orgânica e conservação desta por mais tempo no solo. Neste estudo constatou-se que o cultivo de mandioca em consórcio com milho utilizando o plantio convencional foi menos eficaz em agregar matéria orgânica em relação aos demais, podendo isto estar relacionado ao tipo de cobertura vegetal que ocupava tais áreas em anos anteriores, já que na última ocupação ambas as áreas de plantio apresentava o mesmo tipo de cobertura, o capim andropogon. Outro fator a ser considerado é o tempo de preparo das áreas.

5.3. Densidade

A densidade do solo é a relação entre massa e volume do solo e o manejo ou o desenvolvimento radicular da cultura podem influenciar a densidade e conseqüentemente a quantidade de carbono do solo. No gráfico 3, é apresentado os dados de densidade do solo nas diferentes áreas e nas diferentes profundidades.

Percebe-se que densidade encontrada, há interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores (Tabela 1).

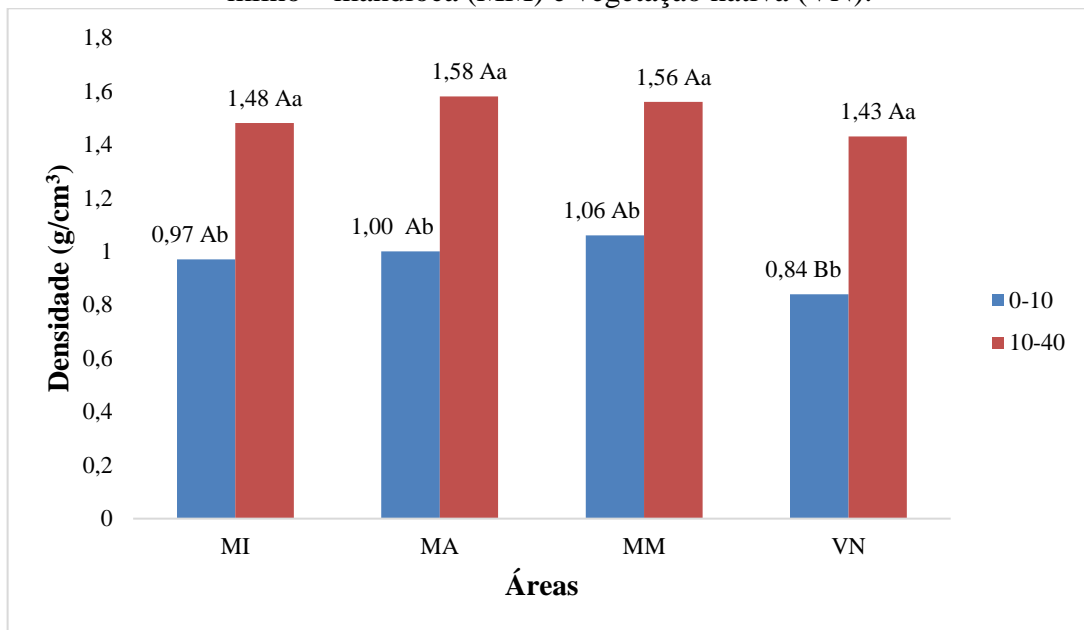
É possível observar que houve diferença entre áreas quanto à densidade do solo na profundidade de 0 a 10 cm ($p < 0,05$).

As áreas com culturas de milho (MI), mandioca (MA) e consórcio entre milho e mandioca (MM) foram semelhantes entre si ($P > 0,05$) e apresentaram maiores densidades de solo ($p < 0,05$) em relação a de vegetação nativa. Por se tratarem de áreas com solos semelhantes, há de se considerar que o manejo da cultura da mandioca pode resultar em maior compactação do solo, pois em ambas as áreas com mandioca, solteira ou consorciada, os solos apresentaram maior densidade na camada superficial.

Na profundidade de 10 a 40 cm todas as áreas apresentaram semelhanças entre si ($P > 0,05$). Esta observação indica que neste estudo, a atividade agrícola aumentou a densidade do solo em relação a profundidade de 0 a 10 cm em relação aquele não cultivado, porém estatisticamente na profundidade de 10 a 40 cm não há diferença entre as áreas.

Denardin et al. (2014) em seu estudo sobre estoque de carbono em diferentes formações florestais em solo classificado como Cambissolo Háplico/Neossolo Litólico, analisou a densidade em solo na profundidade de 0-5 cm e de 5-10 cm encontrando uma média de $0,82 \text{ g/cm}^3$ em área de floresta natural, valor bem próximo aos $0,84 \text{ g/cm}^3$ obtido na profundidade de 0-10 cm desse estudo.

Gráfico 3: Densidade (g/cm^3) em solo de Cerrado em profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, em áreas de sistema convencional com plantio de milho (MI), mandioca (MA), consorciado milho – mandioca (MM) e vegetação nativa (VN).



Fonte: próprio autor.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas representa comparação entre as áreas, letras minúsculas representam a comparação entre as profundidades.

Carneiro et al. (2009) analisou em seu estudo a densidade na profundidade de 0-10 cm, obtendo $1,16 \text{ g}/\text{cm}^3$ no sistema de milho em plantio convencional e $1,08 \text{ g}/\text{cm}^3$ na área com vegetação nativa, valores esses próximos ao encontrado no presente trabalho. Rangel e Silva (2007) também analisaram a densidade do solo para essa mesma profundidade e obtiveram como resultado $1,11 \text{ g}/\text{cm}^3$ no sistema plantio convencional e $0,88 \text{ g}/\text{cm}^3$ na vegetação nativa. Já Cunha et al. (2011) em estudo sobre sistema de preparo do solo e culturas de cobertura, analisaram a densidade do solo em área de Cerrado classificado como fitofisionomia Cerradão e obtiveram na profundidade de 0-10 cm $0,89 \text{ g}/\text{cm}^3$. D'Andréa et al. (2004) obtiveram média de $1,31 \text{ g}/\text{cm}^3$ em solos de vegetação nativa na profundidade de 10-40 cm.

Os maiores valores encontrados de densidade nas áreas de sistema plantio convencional em relação a vegetação nativa, deve-se pelo fato de as áreas cultivadas apresentarem intensidade no uso do solo, levando dessa forma a maior compactação do solo (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007).

O estudo da densidade do solo é de grande importância, já que a mesma pode interferir no crescimento radicular das espécies e que segundo Medina (1985); Corsini e Ferraudo (1999) o nível crítico para que isso não ocorra, é de $1,75 \text{ g}/\text{cm}^3$, mostrando assim que o resultados encontrados nesse estudo estão em concordância com os resultados da literatura.

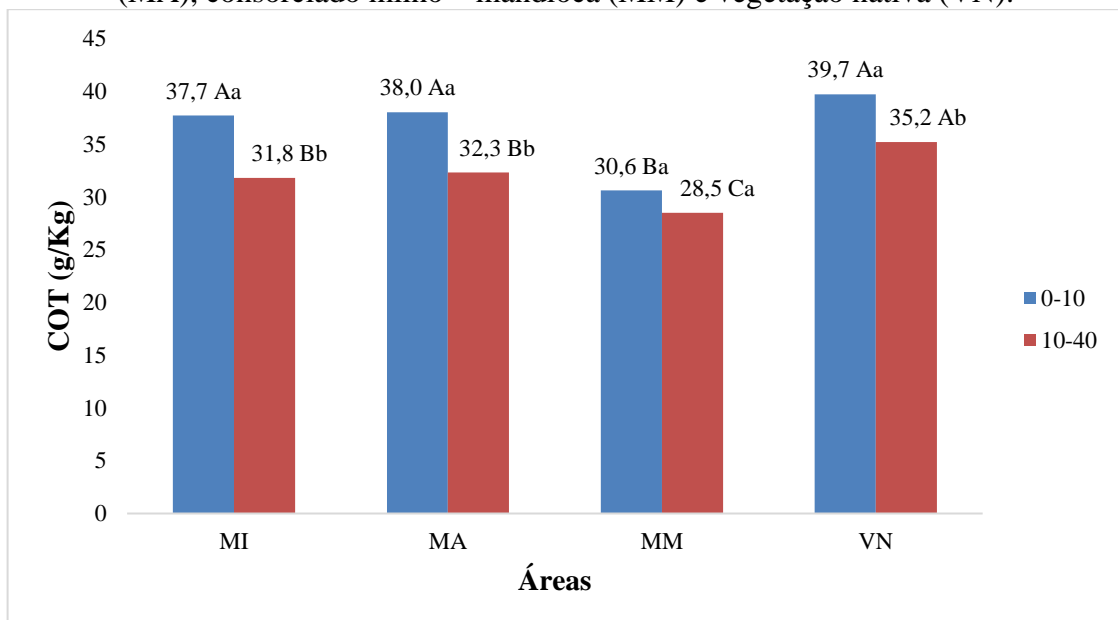
5.4. Carbono orgânico total - COT

O COT é o carbono que compõe a MO do solo, portanto sofre variação em função da concentração de MO do solo e da densidade do mesmo, sendo que a quantidade de Carbono estocada no solo pode ser três vezes superior à quantidade encontrada na atmosfera.

As quantidades de COT estocado no solo das diferentes áreas e nas duas profundidades avaliadas são apresentadas no gráfico 4.

No COT encontrado, há interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores. Já quando se analisa as áreas entre si na mesma profundidade, nota-se que na profundidade de 0-10 cm os valores encontrados nas áreas de MI, MA e VN foram semelhantes ($p > 0,05$), obtendo uma média de 38,47 g/kg, maior que o 30,6 g/kg encontrado na área de MM. Com relação à profundidade de 10-40 cm, nota-se a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) entre as áreas de VN e as demais, sendo que a área de MM foi a que apresentou menor ($p < 0,05$) estoque de COT no solo, enquanto que as áreas de MI e MA apresentaram valores intermediários e semelhantes entre si ($p > 0,05$). Os valores observados em solos de VN foi de 35,2 g/kg, solos de MI e MA com média de 32,05 g/kg e 28,5 g/kg em solos de MM.

Gráfico 4: Teor de carbono orgânico total (g/kg) em solo de Cerrado em profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, em áreas de sistema convencional com plantio de milho (MI), mandioca (MA), consorciado milho – mandioca (MM) e vegetação nativa (VN).



Fonte: próprio autor.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas representa comparação entre as áreas, letras minúsculas representam a comparação entre as profundidades.

Como foi percebido na análise dos resultados apresentado no gráfico 4, tanto na profundidade de 0-10 cm, quanto na de 10-40 cm, a área consorciada MM apresentou os

menores resultados. O fato desse plantio ser recente, o solo ter sido revolvido a pouco tempo em relação as outras áreas de plantio, onde os cultivos já se encontravam em seu estágio bem desenvolvido e o tempo e o tipo de preparo realizado nessa área pode justificar esse resultado. Observa-se também que na profundidade de 0-10 cm foi onde ocorreu maior presença de COT em todas as áreas, fato esse que pode ser justificado devido à maior quantidade de MO encontrada superficialmente, sendo essa camada de 0-10 cm, onde ocorre uma maior deposição da matéria, principalmente de serapilheira (VIANA, 2016). Por sua vez, a área do cerrado por se tratar de uma vegetação nativa, sem interferência de maquinários agrícolas e outras atividades antrópicas, é fundamental para o maior teor de COT encontrado nos resultados (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Os valores obtidos nesse estudo foram superiores aqueles apresentados por outros autores. Júnior et al. (2011) realizaram estudo sobre o carbono total em solos sob vegetação nativa de um Latossolo Vermelho no bioma Cerrado, na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm e encontraram média de 29,44 g/kg. Campos et al. (2016) em estudo sobre estoque de carbono sob diferentes tipos de manjo no sul do Amazonas, encontram em solos de sistema convencional com plantio de mandioca, 15,57 g/kg de carbono total na profundidade de 0-10 cm. Queiroz et al. (2012) avaliou o teor de carbono orgânico total em diferentes culturas e profundidades no município de Sete Lagoas - MG, onde obtiveram na profundidade de 0-10 cm, 22,31 g/kg no sistema convencional de milho solteiro e 27,75 g/kg na área de vegetação nativa, também na profundidade de 0-10 cm. No mesmo estudo também foi analisado na profundidade de 10-20 cm e 20-40cm e obtiveram em solos de sistema convencional com cultura de milho solteiro, média de 20,17 g/kg e 23,77 g/kg em solos de vegetação nativa, resultados esses bem inferiores aos encontrados no presente estudo.

5.5. Estoque de carbono

Os resultados para o Est. C nas diferentes áreas e profundidade, estão apresentados no gráfico 5 e nota-se que existe interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores.

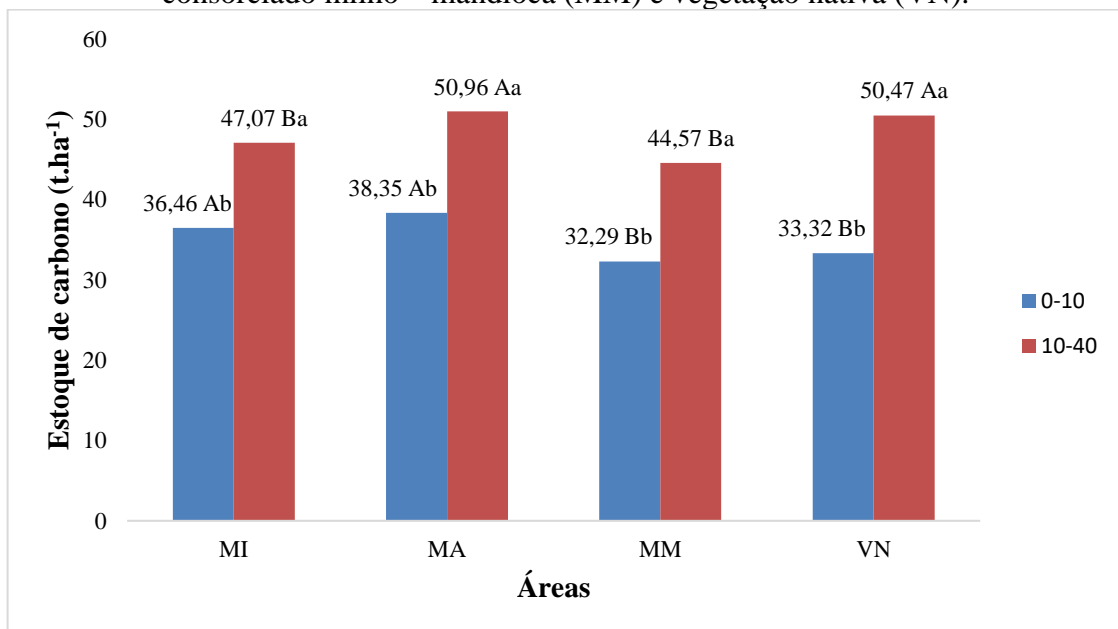
Quando se analisa as áreas entre si na mesma profundidade, percebe-se que na profundidade de 0-10 cm as áreas de MI (36,46 t.ha⁻¹) e MA (38,35 t.ha⁻¹) não diferiram entre si ($p > 0,05$) e apresentam uma maior capacidade de Est. C em relação as áreas de MM (32,29 t.ha⁻¹) e VN (33,32 t.ha⁻¹) que também não diferiram entre si ($p > 0,05$). Já na profundidade de 10-40 cm, a área com MA continua com maior potencial com 50,96 t.ha⁻¹ e seguido agora pela VN que teve seu potencial aumentado, apresentando um valor de 50,47 t.ha⁻¹. E a área de MM,

assim como observado na profundidade de 0-10 cm, também apresentou o menor potencial para Est. C com 44,57 t.ha⁻¹.

Nos dados anteriores, percebe-se que em todas as áreas avaliadas as maiores concentrações de MO foram obtidas na profundidade de 0 a 10 cm do solo e as maiores densidades foram observadas na camada de 10 a 40 cm em todas as áreas, sendo o estoque de carbono também maior nesta profundidade, revelando dessa forma que a compactação do solo (maior densidade) pode mascarar o efeito da importância da matéria seca no solo. O ideal seria que o manejo do solo proporcionasse maior agregação de MO e um solo menos denso, mais aerado.

Costa et al. (2015) destaca em seu estudo que o baixo teor de MO e conseqüentemente o Est. C, pode está diretamente relacionado ao tipo de cultura anteriormente cultivada na área. Sendo assim, essa pode ser uma justificativa aceitável para o menor desempenho da área consorciado MM em relação as outras, já na área de vegetação nativa podendo estar diretamente relacionado a densidade do solo.

Gráfico 5: Estoque de carbono (t.ha⁻¹) em solo de Cerrado em profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, em áreas de sistema convencional com plantio de milho (MI), mandioca (MA), consorciado milho – mandioca (MM) e vegetação nativa (VN).



Fonte: próprio autor.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas representam comparação entre as áreas, letras minúsculas representam a comparação entre as profundidades.

Os valores de Est. C obtidos neste estudo foram superiores aqueles obtidos por outros autores como Campos et al. (2016) que em seu estudo sobre estoque de carbono sob diferentes tipos de manjo no sul do Amazonas, encontrou apenas 18,14 t.ha⁻¹ na profundidade de 0-10 cm

na área de sistema convencional com plantio de mandioca. Rangel e Silva (2007) que avaliaram o estoque de carbono em um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de uso e manejo e encontraram na profundidade de 0-10 cm em área com cultivo de milho no sistema de cultivo mínimo 20,44 t.ha⁻¹ e 30,36 t.ha⁻¹ na profundidade de 10-20 cm. Já Queiroz et al. (2012) avaliaram o estoque de carbono em diferentes culturas e profundidades no município de Sete Lagoas – MG e encontraram na profundidade de 0-10 cm 28,57 t.ha⁻¹.

O valor apresentado para estoque de carbono na profundidade de 0-10 cm em área de VN do presente estudo, foi inferior ao encontrado por Costa et al. (2018), que avaliaram o estoque de carbono em fitofisionomia de Cerradão em duas profundidades, 0-5 cm e 5-10cm, onde obteve-se média de 41,54 t.ha⁻¹ em solo de Cerradão. O fato de o Cerradão apresentar uma maior cobertura arbórea facilita uma maior disposição de MO no solo, podendo assim aumentar consequentemente o seu estoque de carbono na camada mais superficial. Já Paiva, Rezende e Pereira (2011) analisou em seu estudo o estoque de carbono em solo de Cerrado típico no Distrito Federal na profundidade de 10-20 cm e encontrou 40,30 t.ha⁻¹.

6. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste estudo podemos concluir que:

- Solos sob VN e solos com culturas de MI e MA preparados convencionalmente foram mais eficientes em acumular MO que solos com consórcio de MM sistema convencional;
- Solos cultivados tendem a aumentar a densidade do solo em relação aquele sob VN, em relação a profundidade de 0-10 cm;
- O maior estoque de carbono foi observado na camada de 10-40 cm nos solos de todas as áreas avaliadas, provavelmente pela maior densidade ocorrida nesta profundidade. Porém, é importante destacar que o manejo ideal é aquele que agrega maior quantidade de matéria orgânica sem compactar o solo, mesmo que isto resulte em um valor de estoque de carbono menor no solo.

REFERÊNCIAS

- ALBALADEJO, J.; ORTIZ, R.; GARCIA-FRANCO, N.; NAVARRO, A. R.; ALMAGRO, M.; PINTADO, J. G.; MARTINEZ-MENA, M. Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain. **Journal of Soils and Sediments**, v. 13, n. 2, p. 265-277, 2013.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V. P. da; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 0-0, 2011.
- BANDEIRA, Meire Nunes; CAMPOS, F. Itami. Bioma Cerrado: Relevância No Cenário Hídrico Brasileiro. **CIPEEX**, v. 2, p. 399-409, 2018.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p. 9-26, 1999.
- BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do. **Balço energético e sequestro de carbono em culturas oleaginosas**. Campina Grande: Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E), 2007.
- BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas//the context of climate changes and its victims. **Mercator**, v. 14, n. 2, p. 157-172, 2015.
- BRITO, M. R.; SIQUEIRA, F. L. T. de; SOUSA, I. J. A. de; SOUSA, R. N. de. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 5, n. Especial, p. 114-124, 2018.
- CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA, D. M. P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, p. 339-349, 2016.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; BATISTA, Y. **Perguntas e respostas sobre mudanças climáticas**. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 2002.
- CARVALHO, J. P. A. F. de; VAN ELK, A. G. H. P.; ROMANEL, C. Inventário de emissões de gases de efeito estufa no Campus Gávea da PUC-Rio. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 3, p.591-595, maio 2017.

CAVALCANTE, J. F. B. **Avaliação do crescimento vegetativo de plantas de girassol, feijão e milho em sistema solteiro e consorciado em diferentes níveis de água.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba – Catolé do Rocha – Graduação em Ciências Agrárias, 41f. C376a. cdd 631, 2014.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.

CIAIS, P.; SABINE, C.; BALA, G.; BOPP, L.; BROVKIN, V.; CANADELL, J.; CHHABRA, A.; DEFRIES, R.; GALLOWAY, J.; HEIMANN, M.; JONES, C.; LE QUÉRÉ, C.; MYNENI, R.B.; PIAO, S.; THORNTON, P. 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Climate*, p. 465-570, 2013.

CLAESSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos (INFOTECA-E), 2 ed. rev. atual. 212p. 1997.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.289-298, 1999.

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. de F.; TOLEDO, C. E. de; COELHO, J. V.; CUNHA, L. M.; CLEMENTINO, G. E. dos S.; LEOPOLDO, N. C. M. Dinâmica de carbono do solo em unidade de conservação do cerrado brasileiro sob diferentes fitofisionomias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 306-323, 2018.

COSTA, A. M. da; NETO, M. M. G.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, J. L. de. Estoque de carbono de um Latossolo sob diferentes sistema de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal, RN. **O solo e suas múltiplas funções: anais.** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I-Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35:589-602, 2011.

DAI, W.; HUANG, Y. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. **Catena**, v. 65, n. 1, p. 87-94, 2006.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DAVIDSON, E. A.; JANSSENS, I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, v. 440, n. 7081, p. 165, 2006.

DAVIES, B. E. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. **Soil Science Society of America Proceedings**, n. 38, p. 347-353, 1974.

DE BAETS, S.; MEERSMANS, J.; VANACKER, V.; QUINE, T. A.; VAN OOST, K. Spatial variability and change in soil organic carbon stocks in response to recovery following land abandonment and erosion in mountainous drylands. **Soil Use and Management**, v. 29, n. 1, p. 65–76, 2013.

DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó-SC. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014.

DINAKARAN, J.; HANIEF, M.; MEENA, A.; RAO, K. S. The chronological advancement of soil organic carbon sequestration research: a review. Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - **Biological Sciences**, v. 84, n. 3, p. 487–504, 2014.

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 17, n. 4, p. 1658-1670, 2011.

DORJI, T.; ODEH, I.; FIELD, D. Vertical distribution of soil organic carbon density in relation to land use/cover, altitude and slope aspect in the eastern Himalayas. **Land**, v. 3, n. 4, p. 1232-1250, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de (Ed.). **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna – Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169 p.

GANUZA, A.; ALMENDROS, G. Organic carbon storage in soils of the Basque Country (Spain): the effect of climate, vegetation type and edaphic variables. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, n. 3, p. 154-162, 2003.

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

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012.

HENZ, G. P.; ALCANTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (Ed.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, 2007. 308 p.

IPCC, 2014: **Mudança climática 2014: relatório de síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III ao Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe de Redação do Núcleo, RK Pachauri e LA Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp.

JUNIOR, C. C.; PICCOLO, M. de C.; NETO, M. S.; CAMARGO, P. B. de; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e $\delta^{13}C$ em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1241-1252, 2011.

JOBÁGY, E. G.; JACKSON, R. B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. **Ecological applications**, v. 10, n. 2, p. 423-436, 2000.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LAL, R.; *Global Climate Newsletter*, v. 37, n. 4. P. 307-326.

LAL, R.; BRUCE, J. P. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environmental Science & Policy**, v. 2, n. 2, p. 177-185, 1999.

LAL, R., KIMBLE, J. M. Importance of soil bulk density and methods of its importance. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Assessment methods for soil carbon*. pp. 31–44. **Lewis Publishers**, London, 2001.

LAL, R. Soil erosion and the global carbon budget. **Environment International**, v. 29, n. 4, p. 437–450, 2003.

LE TREUT, H.; SOMERVILLE, R.; CUBASCH, U.; DING, Y.; MAURITZEN, C.; MOKSSIT, A.; PETERSON, T. and PRATHE, M. Chapter 1: Historical Overview of Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

LORENZ, K.; LAL, R. The Depth Distribution of Soil Organic Carbon in Relation to Land Use and Management and the Potential of Carbon Sequestration in Subsoil Horizons. **Advances in Agronomy**, v. 88, n. 5, p. 35–66, 2005.

MEDINA, B. F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.67-71, 1985.

MELLO, J. M.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; CHIG, L. A.; JOHNSON, M. S.; LOBO, F. A. Dinâmica dos atributos físico-químicos e variação sazonal dos estoques de carbono no solo em diferentes fitofisionomias do pantanal norte mato-grossense. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 325-336, 2015.

MENDES, R.; TAKETANI, N. F.; TAKETANI, R. G. Efeito do aquecimento global sobre a comunidade microbiana do solo. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 177-203.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 527-538, 2011.

PARRON, L. M.; RACHWAL, M. F. G; MAIA, C. M. B de F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 92-100.

PAUSTIAN, K.; LEHMANN, J.; OGLE, S.; REAY, D.; ROBERTSON, G. P.; SMITH, P. Climate-smart soils. **Nature**, v. 532, n. 7597, p. 49-57, 2016.

PINHEIRO, J. Q.; CAVALCANTI, G. R. C.; BARROS, H. C. L. Mudanças climáticas globais: Viés de percepção, tempo e espaço. **Estudos de Psicologia**, v. 23, n. 3, p. 282-292, 2018.

PRIBYL, D. W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, Amsterdam, v. 156, n. 1, p. 75-83, 2010.

QUEIROZ, L. R.; NETO, M. M. G.; ALVARENGA, R. C.; MENDES, F. F.; SIMÃO, E. P.; WILDA, L. R. M. Estoque de carbono e densidade de solo sob cultivo com diferentes culturas agrícolas, em Sete Lagoas, MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1705-1711.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; CZIMCZIK, C.; FYLLAS, N. M.; MARTINELLI, L.; NARDOTO, G. B.; SCHMERLER, J.; SANTOS, A. J. B.; HODNETT, M. G.; HERRERA, R.; LUIZÃO, F. J.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; DEZZEO, N.; HILKE, I.; KUHLMANN, I.; RAESSLER, M.; BRAND, W. A.; GEILMANN, H.; MORAES FILHO, J. O.; CARVALHO, F. P.; ARAÚJO FILHO, R. N.; CHAVES, J. E.; CRUZ JÚNIOR, O. F.; PIMENTEL, T. P.; PAIVA, R. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, v. 7, n. 5, p. 1515-1541, 2010.

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.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In.: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.

RIBEIRO, W. C. Mudanças Climáticas, Realismo e Multilateralismo. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 18, p.75-84, jun. 2015.

ROCHA, G. P.; FERNANDES, L. A.; CABACINHA, C. D.; LOPES, I. D. P.; RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; SAMPAIO, R. A. Caracterização e estoques de carbono de sistemas agroflorestais no Cerrado de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1197-1203, 2014.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 2, 2014.

SCHARLEMANN, J. P.W.; TANNER, E. V. J.; HIEDERER, R.; KAPOS, V. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. **Carbon Management**, v. 5, n. 1, p. 81-91, 2014.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Orçamento. **Perfil socioeconômico dos municípios – 2015**. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/250006/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SILVA, A. M. da. **Estoque de carbono em solos de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Monografia Graduação – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus de Palmas – Curso de Engenharia Ambiental, 39f. S586e. cdd 628, 2019.

SOUZA, J. L. de; PREZOTTI, L. C.; GUARCONI, M. A. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia**, v. 30, n. 1, p.7-15, 2012.

STOCKMANN, U. ADAMS, M. A.; CRAWFORD, J. W.; FIELD, D. J.; HENAKAARCHCHI, N.; JENKINS, M.; MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B.; COURCELLES, V. de R. de; SINGH, K.; WHEELER, I.; ABBOTT, L.; ANGERS, D. A.; BALDOCK, J.; BIRD, M.; BROOKES, P. C.; CHENU, C.; JASTROW, J. D.; ZIMMERMANN, M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 164, p. 80-99, 2013.

TAN, Z. X.; LAL, R.; SMECK, N. E.; CALHOUN, F. G. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. **Geoderma**, v. 121, n. 3-4, p. 187-195, 2004.

TITO, M. R.; LEÓN, M. C.; PORRO, R. **Guia para determinação de carbono em pequenas propriedades rurais**. 1 ed. Belém: ICRAF, 2009. p. 81.

VANRELL, E. H. S. **Aquecimento global: estudo bibliográfico das tecnologias de captura de CO₂**. 2016. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, 2016.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.175-180, 1994.

VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; ALVARENGA, R. C.; QUEIROZ, D. S.; PAULA, M. H. C. de; REZENDE, I. F. Monitoramento do estoque de carbono no solo no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em área de cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 127, n. 1-2, p. 168-173, 2005.