

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

MARCUS JUNIOR DE LIMA CABRAL

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO EM
ÁREA SOB PROCESSO DE RECUPERAÇÃO EM MUNDO NOVO - MS**

Mundo Novo – MS

Dezembro/2020

MARCUS JUNIOR DE LIMA CABRAL

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO
EM ÁREA SOB PROCESSO DE RECUPERAÇÃO EM MUNDO
NOVO - MS**

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

Orientadora: Profa. Dra. Selene Cristina de Pierri Castilho

Mundo Novo – MS

Dezembro/2020

MARCUS JUNIOR DE LIMA CABRAL

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO
EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO EM
MUNDO NOVO- MS**

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

APROVADO EM 08 de dezembro de 2020

Participação remota por vídeo conferência

Profa. Dra. Selene Cristina de Pierri Castilho - Orientadora - UEMS



Participação remota por vídeo conferência

Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset - UEMS



Participação remota por vídeo conferência

Mestre Jefferson Matheus Barros Ozório- UEMS



** Participação por vídeo conferência de acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA PROPP/UEMS Nº 001, de 07 de maio de 2019, Portaria UEMS N.º 018, de 16 de março de 2020 para enfrentamento à COVID – 19.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido ao apoio de muitas pessoas que participaram direta ou indiretamente.

Em especial minha mãe Rozimira Aparecida de Lima minha esposa Angela Souza de Almeida e meus amigos.

Agradeço aos meus colegas de turma, em especial Beatriz, Cloves, Helen Calandrin e Allan Kardec.

Agradeço ao professor Jean Sérgio Rosset por me auxiliar nas análises estatísticas e a minha orientadora, professora Selene Cristina de Pierri Castilho por me ajudar na confecção deste trabalho.

“Toda ação humana, quer se torne positiva ou negativa, precisa depender de motivação”.

Dalai Lama

RESUMO

Um solo degradado sofre modificações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas e, conseqüentemente perde a capacidade de sustentar a vida. Estima-se que cerca de 30% dos solos do mundo estejam degradados ou em processo de degradação, sendo necessário implementar medidas de recuperação, visando retornar a área ao seu estado natural. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a melhoria da qualidade do solo em uma área em processo de recuperação localizada no município de Mundo Novo, MS. A área foi isolada e implantadas mudas arbóreas para recuperação da mesma. Para avaliação da qualidade do solo foram coletadas amostras de solo em quatro repetições nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m, no momento de implantação (novembro de 2017) e 1 ano após a implantação (dezembro de 2018). Foram coletadas amostras para determinação da Densidade do solo (Ds), Carbono Orgânico Total (COT), Índice de Estratificação (IE) e Estoque de Carbono (EstC). Não foram observadas mudanças significativas quanto aos valores de Ds entre as coletas. Já o teor de COT apresentou diferença significativa entre as coletas para todas as camadas observadas, variando na camada superficial do solo de 11,88 a 19,06 g kg⁻¹. Para a camada 0,05 a 0,10 m foram observados valores variando de 7,44 g kg⁻¹ na primeira coleta a 18,42 g kg⁻¹ na segunda coleta e para a camada 0,10-0,20 m o COT variou de 6,43 g kg⁻¹ na primeira coleta a 15,01 g kg⁻¹ para a segunda coleta. Também foi observado aumento do EstC para todas as camadas variando de 6,18 a 10,53 Mg ha⁻¹ para a camada superficial, 4,17 a 11,7 Mg ha⁻¹ para a camada 0,05-0,10 e 7,3 a 19,22 Mg ha⁻¹ para a camada mais profunda. Na análise do IE observou-se uma redução dos valores de 1,95 na primeira coleta para 1,32 na segunda coleta. Através dos dados obtidos é possível observar que o processo de recuperação da área tem contribuído para um aumento dos teores e estoque de carbono, entretanto é necessário maior acompanhamento da área e possíveis trabalhos semelhantes para avaliar demais parâmetros do processo de recuperação do solo na área.

Palavras-chave: Solo. Degradação. Parâmetros de Qualidade do Solo. Monitoramento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivo Geral.....	8
2.2 Objetivos específicos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Área de estudo.....	9
3.2 Coleta das amostras.....	12
3.3 Preparação das amostras para análises	12
3.4 Análises realizadas	13
3.4.1 Densidade	13
3.4.2 Carbono orgânico total (COT)	14
3.4.3 Estoque de Carbono.	15
3.4.4 Índice de estratificação (IE)	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Densidade do solo	16
4.2 Carbono orgânico total (COT)	17
4.3 Estoque de Carbono (EstC).....	18
4.4 Índice de Estratificação (IE).....	19
6. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

Estudos revelam que cerca de 30% dos solos do mundo estão degradados ou em processo de degradação (FAO; ITPS, 2015), ameaçados por questões como erosão, compactação, perda da matéria orgânica e biodiversidade (FAO et al, 2020; CAPECHE, 2016). Área degradada é aquela que, por meio de ações antrópicas, se torna incapaz de retornar ao seu estado natural sem que haja interferência antrópica (BRASIL, 2014). A degradação do solo se dá pelo desmatamento e mal uso que acarretam em modificações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, ocasionando perda da qualidade do solo, dificultando assim o desenvolvimento da vegetação (ARAÚJO et al, 2019).

A retirada de vegetação nativa e sua substituição por outros usos pode modificar diretamente a ciclagem de nutrientes no solo, reduzindo a quantidade de matéria orgânica (MO) e, conseqüentemente de carbono orgânico total (COT) no solo, bem como o estoque de carbono, restringindo a capacidade do local em manter a vida (PRIMO et al, 2018).

A mudança de uso do solo também acarreta em alterações nas propriedades físicas do solo, reduzindo a porosidade, aumentando a densidade, dificultando assim a penetração das raízes no solo (BICALHO, 2011). Áreas degradadas apresentam maior densidade, menor porosidade, menor quantidade de MO e COT e, conseqüentemente maior restrição ao desenvolvimento das plantas (CAMARGO et al, 2020; CUNHA et al 2017).

Em áreas degradadas ou com sistema inadequado de preservação do solo o teor de MO e COT se demonstra inferior quando comparados a áreas em processo de recuperação ou conservadas, havendo uma rápida decomposição da MO e menor aporte de C prejudicando a longo prazo no desenvolvimento de espécies no local (BRITO et al, 2018)

A recuperação das áreas degradadas é uma das ações mais promissoras para que atinjamos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) garantindo assim a sustentabilidade e bem estar da população (FAO et al., 2020).

A incorporação de MO e, conseqüentemente, de carbono ao solo é essencial ao processo de recuperação de um solo degradado (VENDRUSCULO et al, 2017). O solo é apontado como um dos sumidouros de carbono sendo que estoca cerca de duas vezes mais carbono que a atmosfera, sendo um importante redutor do efeito estufa, causado pelo dióxido de carbono (CO₂). O CO₂ presente na atmosfera é sequestrado pela MO quebrado sua estrutura e adicionado ao solo em forma de carbono, a qual em conjunto com os demais nutrientes presentes no solo é utilizado para o desenvolvimento das plantas e dos demais

organismos tornando-se uma das matérias importantes para a manutenção da vida (TRUMBORE, 2009).

Durante o processo de recuperação, o solo sofre diversas modificações, entre elas está a melhora nos atributos físicos, a exemplo da agregação do solo, provocada pelo aumento de COT, alterando também a densidade do solo, com conseqüente maior facilidade para a troca de nutrientes e infiltração de água ao solo, assim como um aumento no teor de MOS, provendo maior aporte de nutrientes para o desenvolvimento das espécies vegetais (TRUMBORE, 2009).

A restauração ambiental é realizada com base em estudos do local visando retornar o local afetado as suas características originais ou o mais próximo possível desta, através da realização de uma série de intervenções físicas visando otimizar o processo de recuperação (SOUZA-LEAL et al, 2014). Assim, é necessário conhecer as características naturais do local para que se possa dar início ao processo, e que a área tenha capacidade de retornar ao seu processo sucessional natural (BRASIL, 2014).

A restauração ambiental faz com que uma área degrada retorne seu processo sucessional natural, elevando a MO do solo, e conseqüentemente, o estoque de COT. A restauração de uma área favorece o processo de aporte de serapilheira, fazendo com que o processo de decomposição da mesma promova novamente intenso processo de ciclagem de nutrientes, fazendo com que o COT esteja disponível para as plantas do local (SOUZA-LEAL et al, 2014).

Assim, conhecer os valores de COT e seus estoques indicam o estado de degradação de uma determinada área e podem mostrar a evolução do processo de recuperação ao longo do tempo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a melhoria da qualidade do solo em área em processo de recuperação ao longo do tempo.

2.2 Objetivos específicos

Determinar a densidade do solo.

Quantificar o teor de carbono orgânico no solo.

Quantificar os estoques de carbono no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O presente trabalho foi conduzido em área localizada no município de Mundo Novo, MS (Figura 1). A área utilizada está em processo de recuperação e está localizada a aproximadamente 2,5 km da zona urbana do município (Figura 2) sob as coordenadas 23°57'33.6" S 54°18'01.8" W, área próxima ao destacamento do Exército Brasileiro na BR 163, km-16. O município apresenta Argissolos de textura arenoso-média e média-argiloso, sob clima tipicamente Subtropical, com temperatura que varia de 14°C a 15°C nos meses mais frios e período de chuva de outubro a março, e precipitação variando de 1.400 a 1.700 mm anuais (SEMAC 2011).

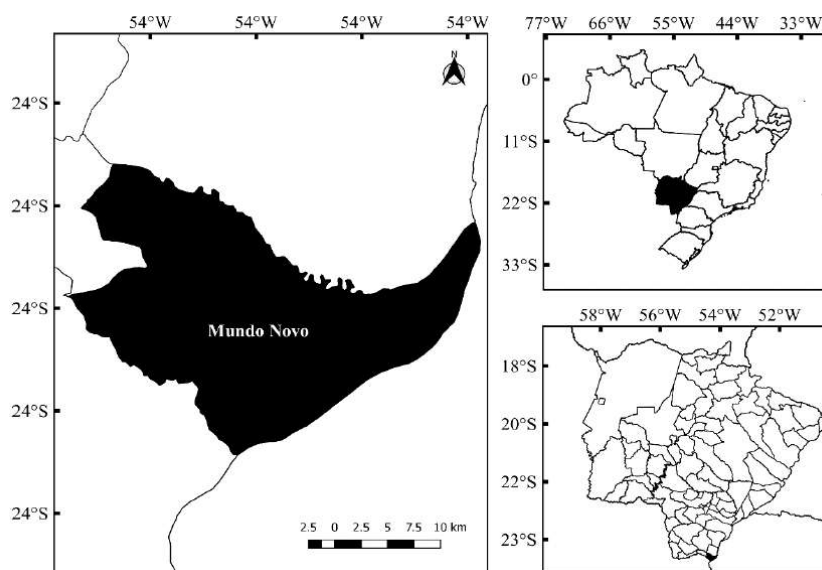


Figura 1. Localização do município de Mundo Novo, MS.



Figura 2. Localização da área de estudo em relação ao município de Mundo Novo, MS.

A área na qual foi desenvolvido o presente trabalho possui 4.446 m², ocupada até o ano de 2017 por pastagem permanente, sendo cercada no mês de novembro de 2017 pelo proprietário da mesma, para elaboração de um projeto de recuperação de nascentes realizado pela Prefeitura de Mundo Novo, em parceria com a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Mundo Novo (UUMN).

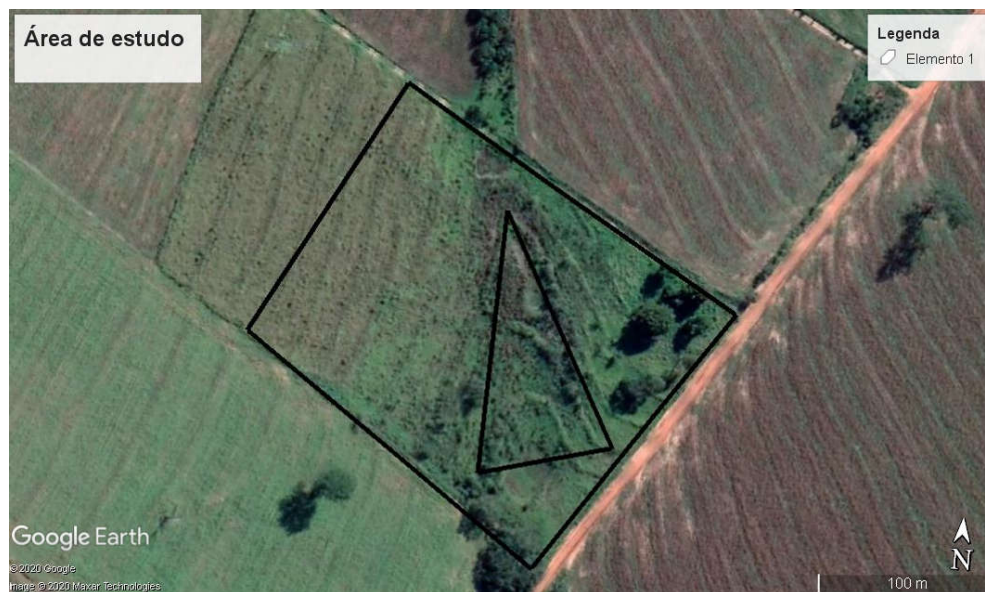


Figura 3. Imagem aérea da área de estudo (Google Earth 2020).

Para a recuperação dessa área foi realizado o plantio de 160 mudas de espécies arbóreas pertencentes a 04 espécies nativas distintas a saber: Açoita Cavallo (*Luehea*

divaricata Mart. & Zucc.), Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.), Ingá (*Inga laurina* (Sw.) Willd.) e Sangra d'água (*Croton urucurana* Baillon). No momento do plantio (09 de dezembro de 2017) foram coletadas amostras de solo para determinações físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2), de acordo com Gonçalves (2019).

Tabela 1. Determinação física do solo da área de estudo para a camada 0,00-0,20 m.

Identificação da amostra	Areia grossa	Areia fina	Areia total %	Argila
Amostra	83	4	87	10

Fonte: Gonçalves (2019)

Tabela 2. Resultados obtidos na análise química do solo para a camada de 0,00-0,20m

Determinação	Unidade	valor
pH		5,75
Fósforo (P)**	mg/dm ³	1,80
Potássio (K)**	mg/dm ³	16,0
Cálcio (Ca)***	cmol _c /dm ³	0,70
Magnésio (Mg)***	cmol _c /dm ³	0,25
Alumínio (Al)***	cmol _c /dm ³	0,10
Acidez potencial (H+Al)****	cmol _c /dm ³	1,17
Matéria orgânica (MO)*****	dag/kg	0,24
Monóxido de carbono (C.O.)*****	dag/kg	0,14
Zinco (Zn)**	mg/dm ³	3,10
Ferro (Fe)**	mg/dm ³	153
Manganês (Mn)**	mg/dm ³	70,9
Cobre (Cu)**	mg/dm ³	1,20
Boro (B)*****	mg/dm ³	0,93
Enxofre (S)*****	mg/dm ³	3,50
Fósforo remanescente (P-rem)*****	mg/l	37,7
Soma de bases trocáveis (SB)	cmol _c /dm ³	0,99
Capacidade de troca de cátions (CTC efetiva)	cmol _c /dm ³	1,09
Capacidade de troca de cátions total (T)	cmol _c /dm ³	2,16
Saturação da CTC por bases (V)	%	45,8
Saturação por alumínio (m)	%	9,20

*pH em água **P, K, Zn, Fe, Mn, Cu Melick-1. ***Ca, Mg, Al em KCl-1 mol/L ****H+Al em SMP, *****MO, CO: Oxi-Redução. *****Boro: Água quente. *****Enxofre: Fosfato monocálcico. *****Fósforo remanescente: CaCl₂.

Fonte: Gonçalves (2019).

3.2 Coleta das amostras

Para a caracterização inicial da área no momento do plantio das mudas (09 de dezembro de 2017) foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de anel volumétrico para a determinação de densidade (Ds) (Figura 4), em 4 repetições para as camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m totalizando 12 amostras. Nas mesmas localidades, camadas e repetições também foram coletadas amostras deformadas com auxílio de uma pá reta totalizando 12 amostras para determinação do COT e EstC. Ao todo foram coletadas 24 amostras as quais foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas ao laboratório de química da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Mundo Novo para serem processadas.

Um ano após o plantio das mudas em 10 de novembro de 2018 as amostras foram novamente coletadas para determinação da Ds, COT e determinação do EstC, considerando-se o mesmo número de repetições e mesmas camadas, totalizando mais 24 amostras.



Figura 4. Coleta de amostra com auxílio do anel volumétrico para determinação de para a determinação de densidade.

3.3 Preparação das amostras para análises

As amostras deformadas para a análise de COT precisaram ser preparadas, sendo secas ao ar, destorroadas (Figura 5a) e peneiradas em peneira 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) (Figura 5b).



Figura 5. A) Processo de destorroamento do solo. B) Peneiramento das amostras em peneira 2 mm para a formação da terra fina seca ao ar (TFSA).

Após o processo de destorroamento foi realizada maceração das amostras com auxílio de almofariz e pistilo. Após a preparação das amostras, foram pesadas 0,300 g de TFSA em balança SHIMADZU modelo BL3200H de 4 dígitos para análises laboratoriais (Figura 6A e 6B).

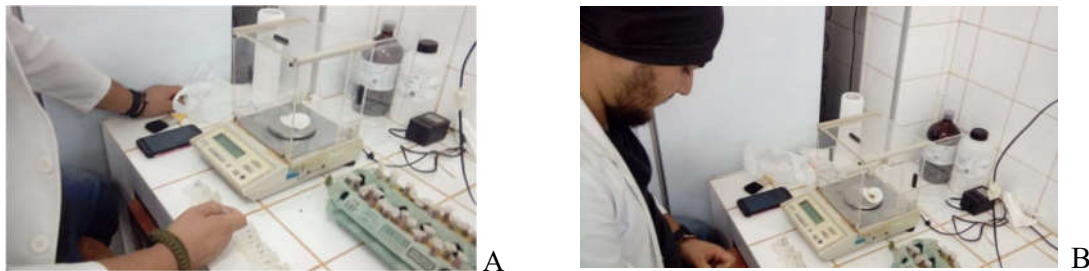


Figura 6. A) Pesagem do solo em balança de precisão. 6.B) Separação do solo para análise laboratorial.

3.4 Análises realizadas

3.4.1 Densidade

Para avaliação da densidade as amostras de solo foram acomodadas em placas de Petri (Figura 7) e levadas para secar na estufa na temperatura de 105° C durante 48 horas (Figura 8), e pesadas para a determinação da densidade do solo (ALMEIDA et al, 2017).



Figura 7. Solo acomodado sobre placas de Petri para posterior secagem.



Figura 8. Amostras em processo de secagem em estufa a 105 °C por 48 h.

3.4.2 Carbono orgânico total (COT)

Para a determinação de COT as amostras devidamente pesadas e separadas, foram alocadas em Erlenmeyers devidamente identificados (Figura 9), sendo estes tampados com condensadores e levados a chapa aquecedora por 30 min até atingir temperatura de 170° C. Posteriormente as amostras foram deixadas em repouso por 15 minutos, foi adicionada água destilada até atingir o volume de 80 ml e adicionou-se 5 gotas da solução indicadora de Ferroin para posterior titulação.



Figura 9. Erlenmeyers sobre placa aquecedora para preparação e posterior determinação de COT.

Para a determinação do COT foi utilizado método descrito por Yeomans e Bremmer (1988). Essa análise é baseada na oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio (0,167 ml L⁻¹) em meio sulfúrico, sob aquecimento e titulado com sulfato ferroso amoniacal (0,20 ml L⁻¹) (Figura 10).



Figura 10. Adição de dicromato de potássio para determinação do teor de COT.

3.4.3 Estoque de Carbono.

A partir dos dados de COT, foram calculados os estoques de carbono orgânico total (EstC) usando o método de massa equivalente (ELLERT; BETTANY, 1995; SISTI et al., 2004) apresentada na equação (1).

$$\text{EstC} = \sum_{i=1}^{n-1} C_{ti} + [M_{tn} - (\sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si})] * C_{tn} \quad (1)$$

Onde:

$EstC$ = estoque de C total, corrigido em função da massa de solo de uma área de referência.

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{ti}$ = somatório dos estoques de C do solo da primeira à última camada amostrada no tratamento considerado ($Mg\ ha^{-1}$);

M_{tn} = massa de solo da última camada amostrada no tratamento ($Mg\ ha^{-1}$);

$\sum_{i=1}^n M_{ti}$ = somatório da massa total do solo amostrado sob o tratamento ($Mg\ ha^{-1}$);

$\sum_{i=1}^n M_{si}$ = somatório da massa total do solo amostrado na área referência ($Mg\ ha^{-1}$);

C_{tn} = teor de C do solo na última camada amostrada ($Mg\ C\ Mg^{-1}$ de solo).

3.4.4 Índice de estratificação de carbono (IE)

Em relação aos dados analisados de COT foi calculado o índice de estratificação (IE) do Carbono Orgânico Total, realizado de acordo com Franzluebbbers (2007). O IE foi calculado através de uma razão entre a concentração de carbono da camada superficial (0,00–0,05 m) e a concentração média de carbono das camadas mais profundas (0,10-0,020 m).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade do solo

Os valores de Ds nessa área variaram de 1,04 Mg m⁻³ para a camada mais superficial a 1,14 Mg m⁻³ na camada mais profunda. Após o período de 12 meses de isolamento e recuperação da área, esta não apresentou mudanças significativas nos valores de Ds, variando de 1,10 Mg m⁻³ na camada mais superficial a 1,26 Mg m⁻³ na camada mais profunda (Figura 11).

Ressalta-se que, embora haja aumento da Ds em função do tempo para todas as camadas analisadas, estes valores não atingem os valores limitantes ao crescimento das raízes, determinados como 1,85 Mg m⁻³ por Reinert et al (2008) para solos arenosos. Valores semelhantes de Ds foram encontrados por Gonçalves (2018) em estudos realizados na mesma região e por Costa (2017), em estudos realizados em mesmo tipo de solo. Por outro lado, em estudos realizados na mesma região, Silva (2017) encontrou valores superiores ao encontrado nesse trabalho.

Observa-se que entre as coletas não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de Ds (Figura 11). Isso é explicado pelo tempo de avaliação, pois alterações mais expressivas na densidade do solo podem levar mais tempo para que ocorram (GUBIANI et al, 2015).

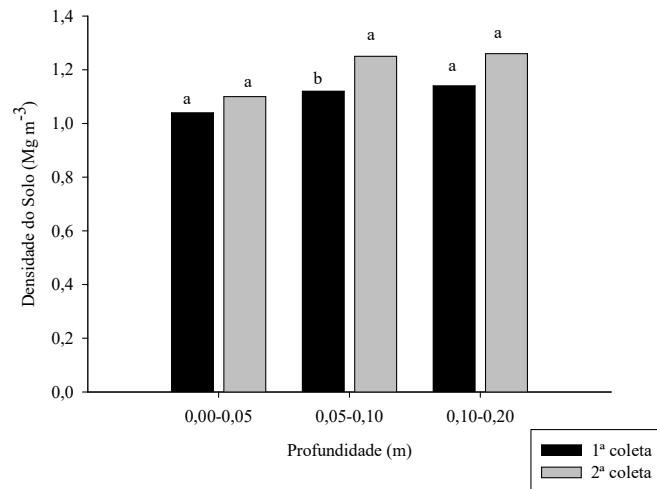


Figura 11. Densidade do solo (Ds) para as camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m nos dois períodos de coleta. Médias seguidas de letras iguais em cada camada não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O aumento da densidade no solo pode ser ocasionado tanto pelo processo de falta cobertura vegetal do solo, sujeitando-o aos impactos dos agentes erosivos (MASCARENHAS et al, 2017), quanto em relação ao manejo anterior da área como o uso de máquinas em área de plantio, pulverizações e colheitas Gonçalves (2018).

Em área de mata nativa, onde não há interferência antrópica a Ds tende a ser baixa demonstrando características que favorecem o desenvolvimento de espécies arbóreas, como observado por Bicalho (2011).

4.2 Carbono orgânico total (COT)

Avaliando os teores de COT, observa-se que para a primeira coleta os dados variaram de 11,88 g kg⁻¹ na camada de 0-00,0-0,05 m a 7,44 e 6,43 g kg⁻¹ nas camadas mais profundas. Para a segunda coleta observa-se aumento nos teores de COT para todas as camadas, passando a 19,06 g kg⁻¹ na camada superficial a 18,42 e 15,01 para as camadas mais profundas (Figura 12). Comportamento semelhante para os teores de COT foram observados por Costa (2017) em área em processo de recuperação ambiental, atingindo valores de COT próximos a 22,67 g kg⁻¹.

Já no trabalho de Leite et al (2015) foram encontrados valores médios de COT inferiores ao observado no presente trabalho, variando entre 7,8 e 7,0 g kg⁻¹ em área de Argissolo em processo de restauração. Para Brito et al (2018) foram encontrados valores de COT ainda menores para pastagens degradadas variando em torno de 3,87 g kg⁻¹, realçando a evolução da área de estudo demonstrando a eficácia das ações tomadas para sua recuperação.

O acúmulo de COT, especialmente nas camadas superficiais deve-se ao fato da área ter sido isolada interrompendo-se assim o pastoreio e permitindo crescimento das gramíneas do local, promovendo um acúmulo de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente do COT (LIMA et al, 2018). Já a menor quantidade de COT nas camadas subsuperficiais era esperada, tendo em vista o maior tempo necessário para incorporação do COT em profundidade (PRIMO et al, 2018).

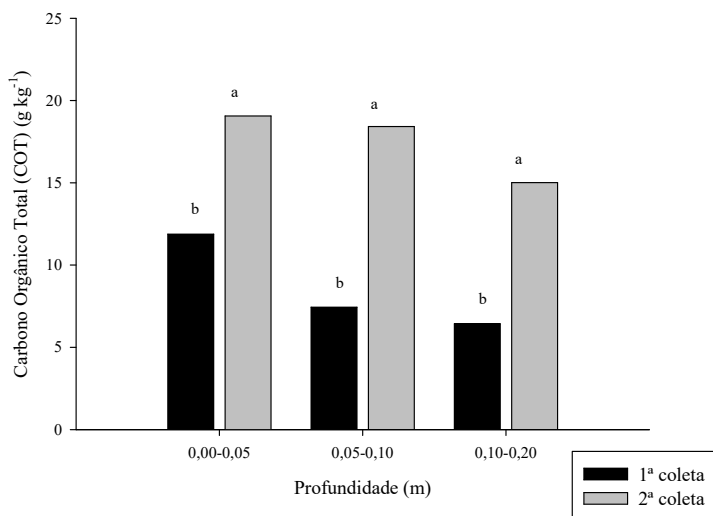


Figura 12. Carbono orgânico total (COT) nas diferentes camadas do solo considerando as duas coletas realizadas (2017 e 2018). Médias seguidas de letras iguais em cada camada não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.3 Estoque de Carbono (EstC)

Nas três camadas avaliadas, houve aumento significativo do EstC entre as coletas. Avaliando a camada de 0-00,0-0,05 m, é observado na primeira coleta um EstC de 6,18 Mg ha⁻¹ enquanto para a segunda coleta o EstC é de 10,53 Mg ha⁻¹ (Figura 13). Esse resultado demonstra acúmulo de carbono na camada superficial do solo.

Já para a camada de 0,05-0,10 m para a primeira coleta é observado EstC de 4,17 Mg ha⁻¹ e posteriormente um aumento para 11,70 Mg ha⁻¹ na segunda coleta (Figura 13). É observado por Freitas et al (2018), EstC em torno de 15,93 Mg ha⁻¹ na camada de 0,0-0,10 m em área de reflorestamento em comparação a este trabalho, indicando maior acúmulo, provavelmente decorrente de um maior tempo de realização da restauração, tendo em vista que a área apresenta-se sem revolvimento a aproximadamente 10 anos.

A camada de 0,10-0,20 m é camada que demonstra um maior EstC em relação as demais camadas, sendo este EstC de 7,30 Mg ha⁻¹ na primeira coleta enquanto que 12 meses após o valor é de 19,22 Mg ha⁻¹ (Figura 13). Segundo Lima et al (2018) tal elevação se dá pelo tempo do processo de recuperação, pois com o passar do tempo há tendência a elevar o EstC, demonstrando que os processos de recuperação usado tanto na área do presente trabalho quando em trabalhos de recuperação em áreas semelhantes são eficazes a longo tempo, demonstrando a importância de se manter os processos de recuperação de área degradada.

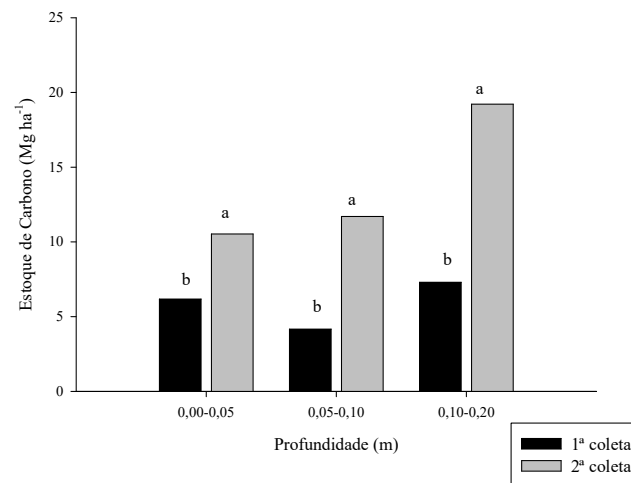


Figura 13. Estoque de carbono (EstC) para as diferentes camadas do solo considerando as duas coletas realizadas nos anos de 2017 e 2018. Médias seguidas de letras iguais em cada camada não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.4 Índice de Estratificação (IE).

Avaliando o IE do COT para as coletas realizadas é observado que o valor na primeira coleta foi de 1,95 e para a segunda coleta 1,32 (Figura 14), indicando acúmulo de C em superfície e, conseqüentemente boa qualidade do solo, tendo em vista que os valores encontrados superaram o valor de 1,00 proposto por Franzluebbbers (2002).

Entretanto, é observado que o IE na primeira coleta é superior ao valor observado na segunda coleta. Tal resultado pode ser decorrente do isolamento da área que interrompeu o pastoreio, permitindo o crescimento das gramíneas, as quais, através do crescimento de seu sistema radicular, permitiram um maior acúmulo de COT em subsuperfície, fazendo com que o IE fosse menor na segunda coleta, em relação à primeira coleta (MARTINS, 2016; LIMA et al, 2018).

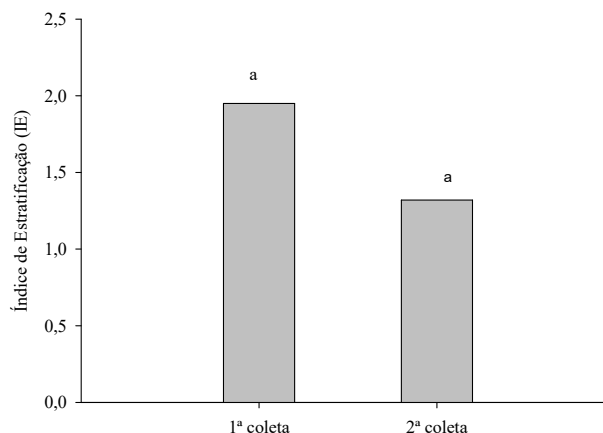


Figura 14. Índice de estratificação (IE) do carbono orgânico total em função das duas coletas realizadas. Médias seguidas de letras iguais em cada camada não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

6. CONCLUSÕES

Em função do pouco tempo de isolamento e práticas de recuperação da área, não foi possível identificar modificações consideráveis na densidade do solo.

Entretanto, observa-se que o isolamento da área permitiu o aumento dos teores e estoques de carbono orgânico total em todas as camadas avaliadas em apenas 1 ano após o início do processo de recuperação. Ressalta-se que o índice de estratificação de carbono não foi eficiente em representar a melhoria da qualidade do solo para as condições deste trabalho.

Embora a densidade do solo e o índice de estratificação não tenham sido satisfatórios na identificação da melhoria das condições do solo os valores de carbono orgânico total e estoque de carbono indicaram melhoria das condições da área. Ressalta-se aqui que há necessidade de continuidade do processo de monitoramento da área para que conclusões mais expressivas possam ser tomadas sobre a melhoria da qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. G.; VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. **Densidade do Solo**. Manual de Métodos de Análise de Solo - 3 ed. EMBRAPA: Brasília. p. 573. 2017.

BICALHO, I. M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Enciclopédia Biosfera**. vol.7, n.12; 2011.

BRASIL. Instrução Normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo. 2014.

BRITO, M. R.; SIQUEIRA, F. L. T.; SOUSA, I. J. A.; SOUSA, R. N. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**. 5, p.114–124. 2018.

CAPECHE, C. EMBRAPA. 2016. Estudo revela que 30% dos solos do mundo estão degradados - **Portal Embrapa**. Disponivel em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14343883/estudo-revela-que-30-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>>. Acesso em: Nov 2020.

CAMARGO, M. A.; PIRES, F. L.; BRINATTI, A. M.; SAAB, S. C. Metodologia alternativa de medida da densidade de meios porosos em laboratórios didáticos de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. 2020.

COSTA, O. V. Estoque de carbono do solo e evolução de dióxido de carbono sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 3. p.252-258. 2017.

CUNHA, J. M.; GAIO, D. C.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SILVA, D. M. P.; LIMA, A. F. L. Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. 2. 2017.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal Soil Science**. 4. p. 529-538. 1995.

FAO. ITPS. GSBI. SCBD. EC. State of knowledge of soil biodiversity - **Status, challenges and potentialities**. Report 2020. Rome, FAO. Disponivel em: <<https://doi.org/10.4060/cb1928en>> Acesso em: Dez. 2020.

FAO. ITPS. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – **Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 2015.

FRANZLUEBBERS, A.J.; Brock, B.G. Surface soil responses to silage cropping intensity on a Typic Kanhapludult in the piedmont of North Carolina. **Soil & Tillage Research**. 93. p.126–137. 2007.

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

GONÇALVES, J. V. C. **Efeito da mudança de uso do solo sobre a macrofauna edáfica no município de Mundo Novo, MS**. 2018. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo, 2018.

GUBIANI, P. I.; LIER, Q. J. V.; DRESCHER, M. S.; MEZZOMO, H. C.; VEIGA, C. M. C. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 7. p. 100–108. 2015.

LEITE, L. F. C.; FERREIRA, J. S.; VELOSO, M. E. C.; MOUSINHO, F. E. P.; JUNIOR, A. F. R. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** . 4, p.394–401. 2015.

LIMA, R. B.; FERREIRA, R. L. C; SILVA, J. A. A.; JÚNIOR, F. T. A.; OLIVEIRA, C. P; SILVA, G. F. Diameter structure in a community of shrub-tree Caatinga, municipality of Floresta, state of Pernambuco, Brazil. **Floresta** .48, p.133–142. 2018.

MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V; MELO, R. R.; CORREA, F. L. O.; SOUZA, E. F. M.; ANDRADE, R. A.; BERGAMIN, A. C.; MÜLLER, M. W. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesquisa Florestal Brasileira**. 89. p.19-27. 2017.

MARTINS, L. F. B. N. **Carbono orgânico total e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo sob solo argiloso**. 2016. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo. 2016

PRIMO, A. C. A.; MELO, M. D.; PEREIRA, G. A. C.; SILVA, L. A.; FERNANDES, F. R. P.; SOUZA, H. A. Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. **Revista. Ceres**, 1. p. 074-084. 2018.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo vermelho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 32. p. 1805-1816. 2008.

SILVA. C. A. **Carbono orgânico total e estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo no município de Eldorado, MS**. 2017. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo. 2017.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**. 1. p. 39-58. 2004.

SEMACE, Secretaria de estado de meio ambiente, do Planejamento e da ciência e Tecnologia. **Caderno geoambiental das regiões de planejamento do MS**. 2011. Disponível em: <http://www.servicos.ms.gov.br/semace_download/Caderno%20Ambiental/Caderno_Geoambiental.pdf> Acesso em: Dez, 2020.

SOUZA-LEAL, T.; NEVES, L. S.; BORIN, L.; CAVALCANTE, V. R.; ROSSETTO, L. ; PASCOTTI, D. P.; MORAES, C. P. Nascentes, áreas de preservação permanentes e restauração florestal: histórico da degradação e conservação no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**. 3. p. 747-760. 2014.

TRUMBORE, S; CAMARGO, P. B. Dinâmica do carbono do solo. **Geophysical Monograph Series**.186. 2009.

VENDRUSCOLO, E. P.; ALVES, M. C.; LEAL, A. J. F.; SOUZA, E. J.; FILHO, S. N. S. Efeitos do biochar, culturas de cobertura e lodo de esgoto nos atributos físicos do solo. **Ciencia del Suelo**. 1. p. 1–10. 2017.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil Science**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.