



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CAMPUS IX
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

GABRIELA PEREIRA DE CARVALHO

**ESTOQUE DE CARBONO E RESPIRAÇÃO EDÁFICA DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO CERRADO DA BAHIA**

BARREIRAS

2021

GABRIELA PEREIRA DE CARVALHO

**ESTOQUE DE CARBONO E RESPIRAÇÃO EDÁFICA DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO CERRADO DA BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina TCC, no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade do Estado da Bahia – Campus IX.

Área de concentração: Ciências do solo.

Orientador: Dr. Adilson Alves Costa.

BARREIRAS

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Sistema de Bibliotecas da UNEB

C331e

Carvalho, Gabriela Pereira de

Estoque de carbono e respiração edáfica do solo sob diferentes sistemas de uso no cerrado da Bahia / Gabriela Pereira de Carvalho. - Barreiras, 2021.
40 fls : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Adilson Alves Costa.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônômica) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Humanas. Campus IX. 2021.

1.Cerrado nativo. 2.Atividade microbiana. 3.Solo- Manejo.

CDD: 633

GABRIELA PEREIRA DE CARVALHO

**ESTOQUE DE CARBONO E RESPIRAÇÃO EDÁFICA DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO CERRADO DA BAHIA**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – Campus – IX, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Área de atuação: Ciências do solo.

Barreiras, 10 de dezembro de 2021.

Banca Examinadora:

Adilson Alves Costa

Prof. DSc. Adilson Alves Costa - UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

Cristiane Nair Fabrício Nunes

Prof.^a MSc. Cristiane Nair Fabrício Nunes - UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

Jorge da Silva Junior

Prof. DSc. Jorge da Silva Junior - UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

(Martin Luther King)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de diferentes usos do solo nos estoques de carbono, assim como a respiração edáfica em áreas de Cerrado no Oeste da Bahia. Foram avaliadas quatro áreas: Cerrado, Pinhão Manso, Banana e Mandioca, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10; 10-20 e; 20-30 cm para determinação da densidade do solo e além do carbono orgânico total. A partir dos valores dos teores de carbono, foram calculados os estoques de carbono e suas variações nas diferentes áreas de estudo. Também foram determinados a respiração edáfica do solo e temperatura do solo. Para avaliação dos dados utilizou-se um DIC, cujas médias foram avaliadas através da anova e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa nas variáveis de densidade do solo, teor e estoque de carbono na profundidade de até 10 cm, porém a densidade do solo houve diferença significativa nos usos do solo a partir da profundidade de 20 cm, sendo a área com cultivo de mandioca com menores valores. A quantificação da liberação de CO₂ foi realizada nos períodos diurno (06:15 as 18:15h) e noturno (18-15 as 06-15h). O cultivo de mandioca contribui para reduzir a densidade do solo abaixo de 10 cm, enquanto o cultivo da banana reduz o acúmulo de carbono no solo. A produção de CO₂ noturna é maior do que a diurna, nas quatro áreas analisadas.

Palavras-chave: Cerrado nativo, Manejo do solo, Carbono orgânico.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the impact of different land uses on carbon stocks, as well as edaphic respiration in Cerrado areas in Western Bahia. Four areas were evaluated: Cerrado, Pinhão Manso, Banana and Cassava, soil samples were collected at depths from 0-10; 10-20 and; 20-30 cm for determination of soil density and in addition to total organic carbon. From the values of carbon contents, carbon stocks and their variations in the different study areas were calculated. Soil edaphic respiration and soil temperature were also determined. For data evaluation, a DIC was used, whose means were evaluated using Anova and Tukey's test at 5% probability. There was no significant difference in the variables of soil density, content and carbon stock at a depth of up to 10 cm, but the soil density showed a significant difference in land use from a depth of 20 cm, with the area with cassava cultivation with lower values. The quantification of CO₂ release was performed during the day (6:15 to 18:15) and at night (18:15 to 06:15:00). Cassava cultivation contributes to reducing soil density below 10 cm, while banana cultivation reduces the accumulation of carbon in the soil. The nocturnal CO₂ production is greater than the daytime one, in the four analyzed areas.

Keywords: Native Cerrado, Soil management, Organic carbon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Áreas utilizadas no experimento: Cerrado Nativa (Figura A), Pinhão manso (Figura B), Área com banana (Figura C) e Área com mandioca (Figura D), Barreiras/BA, 2021.	19
Figura 2- Amostras de solo com dicromato de potássio levado a estufa.	21
Figura 3- Frascos de vidros contendo 10mL de KOH, balde na área para evitar as trocas gasosas com a atmosfera, e um geotermômetro tipo espeto, Barreiras/BA, 2021.	22
Figura 4- Titulação com ácido clorídrico, Laboratório de Química e Física dos solos na UNEB, Barreiras/BA, 2021.	22
Figura 5- Emissão diurno e noturno diários de C-CO ₂ em áreas sob vegetação de Cerrado nativo, ACN (1A) e plantio de pinhão, API (1B) no Cerrado da Bahia.	28
Figura 6- Emissão diurno e noturno diários de C-CO ₂ em áreas sob plantação de banana, ABA (2A) e mandioca, AMA (2B) no Cerrado da Bahia.	29
Figura 7- Emissão diurno e noturno diários de C-CO ₂ em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado da Bahia.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição das áreas de manejo de estudo.....	18
Tabela 2- Resumo da análise de variância (Teste F) do estoque de carbono orgânico total e atributos físicos do solo sob diferentes usos no Cerrado da Bahia.....	23
Tabela 3- Valores médios de densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total (EstCOT) em área sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia.	24
Tabela 4- Estoque de carbono orgânico total (EstCOT) e suas variações (Δ EstCOT) nas áreas sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Solos do cerrado	13
2.2	Influência do uso do solo nos estoques de carbono e nutrientes	14
2.3	Respiração edáfica do solo e uso do solo	15
3	METODOLOGIA	16
3.1	Localização da área de estudo	16
3.2	Seleção das áreas de estudo	17
3.3	Coleta das amostragens do solo	19
3.4	Determinação do carbono orgânico total	20
3.5	Respiração edáfica	21
3.6	Delineamento experimental e análise estatística	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	Densidade do solo, teor e estoques de carbono	23
4.2	Variação dos estoques de carbono nos diferentes usos do solo	25
4.3	Efluxo de C-CO₂ em diferentes períodos e usos do solo	27
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se caracteriza por sua grande extensão territorial, apresentando grande biodiversidade ao longo do seu território (AGUIAR et al., 2016). O Cerrado conta com uma boa capacidade de armazenar carbono em sua biomassa, operando como ótimo assimilador, acumulador de carbono atmosférico e a savana mais diversa do mundo, sendo o segundo maior bioma brasileiro. Além de possuir grande papel para a qualidade ambiental global (KLINK; MACHADO, 2005). As mudanças que acontecem no Cerrado quando substituído por diferentes usos do solo, tem proporcionado modificações nos estoques de carbono, assim como na liberação de CO₂ para atmosfera. Podendo, assim, resultar na degradação dos sistemas agrícolas a longo e médio prazo (COSTA, 2016).

Nessa perspectiva, a respiração edáfica, que relata o nível da atividade microbiana pela quantidade do CO₂ através das funções metabólicas dos microrganismos, ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres e é um excelente indicador da qualidade do solo. Souza et al. (2006) Avaliam a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo por meio de vários indicadores biológicos, alegando que o carbono orgânico total (COT) é sensível às mudanças causadas pelo manejo, e pode representar melhor a qualidade do solo para prevenir sua degradação.

As alterações e degradação do solo em áreas agrícolas estão relacionadas principalmente a mudanças nas características físicas, químicas e biológicas, que são causadas pelo excesso de preparo do solo e falta de cobertura morta efetiva para grande parte dos manejos adotados (SILVA et al., 2014). O desenvolvimento da agricultura altera intensamente os ecossistemas. Portanto, a exploração do solo necessita ser mais cautelosa e manejado adequadamente de forma sustentável, que possam atender às crescentes necessidades da população mundial, com um mínimo de prejuízos ambientais (LEPSCH, 2010). O processo de substituição de áreas nativas por práticas agrícolas como a monoculturas e a pastagens promovem maior degradação e tem alterado diretamente a estrutura e atividade biológica do solo, e por consequência, os seus atributos químicos importantes como a matéria orgânica (COSTA; ALVES; SOUSA, 2015).

Trabalhos publicados sobre os estoques de carbono sob diferentes usos do solo são essenciais para informar as mudanças nos níveis de carbono com base no manejo aplicado (BATLE-BAYER et al., 2010; STOCKMANN et al., 2015). Se o sistema de manejo for bem administrado, pode beneficiar a entrada de carbono do sistema, aumentando assim o armazenamento de carbono, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas

do solo ao longo do tempo (BELL; MOORE, 2012). Portanto, é necessário fortalecer as pesquisas para determinar a melhor forma de uso do solo para o Cerrado, a fim de alcançar a sustentabilidade ambiental. De acordo com Dias (2010), uma das principais razões da diminuição dos estoques de carbono no solo após a implantação de espécies cultivadas é que a biomassa produzida nos sistemas agrícolas (sementes, frutos e parte da palhada) é removida e exportada para comercialização ou utilização em outro lugar.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes usos do solo nos estoques de carbono, assim como o efluxo de CO₂ através da respiração edáfica em áreas de Cerrado da Bahia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos do cerrado

O bioma ocupa o planalto central do país abrangendo mais de 2 milhões de km², sendo uma das savanas com mais diversidade biológica do planeta (BATLLE-BAYER et al., 2010). Suas formações vegetais são classificadas como: cerradão (maior porte arbóreo), cerrado, campo sujo e campo limpo (AGUIAR et al., 2016). Devido a sua localização, clima e relevo o Cerrado é um grande campo agropecuário, responsável por grande parte da produção de grãos e carne bovina do país (NUNES et al., 2011).

Estima-se que existam aproximadamente 25,4 milhões de hectares de terras convertidas, principalmente em pastagens, com alta aptidão agrícola (CARVALHO et al., 2010). Freitas et al. (2018) enfatizam a importância da proteção da área de Cerrado, pois a partir do momento em que passam por mudanças sob diferentes manejos para atender às necessidades humanas, devido à aceleração do processo de degradação ambiental, o solo passa a sofrer danos, dificultando a regeneração natural, principalmente porque promove fortemente a redução imediata de seu conteúdo de matéria orgânica e nutrientes essenciais. Conforme o sistema de manejo do solo adotado, o equilíbrio dinâmico do carbono é quebrado, podendo aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural, alterando assim a qualidade da matéria orgânica do solo (KHORRAMDEL et al., 2013)

Estudos de Maia et al. (2010) em regiões de cerrado, relatam que o tipo de solo não é um fator importante nas diferenças no estoque de carbono no solo, porque as práticas agrícolas são os fatores mais importante na definição de ECS. Segundo o autor, em áreas de floresta mais densa onde houve plantio direto, após a conversão de florestas nativas, tem pouco ou nenhum impacto no armazenamento de carbono do solo, pois o armazenamento de carbono aumentou após 20 anos de implantação agrícola. A avaliação do armazenamento de carbono no solo em diferentes estágios de sucessão de diferentes tipos de uso e manejo do solo mostra que o carbono perdido devido à implementação de diferentes manejos ao longo dos anos pode ser restaurado, e até mesmo aumentado em relação à área nativa inalterada (GATTO et al., 2010)

Sampaio et al., (2008) constatou que a emissão de CO₂ para a atmosfera em área de Cerrado apontam os menores valores de respiração edáfica quando comparado com as demais áreas estudadas, indicando a mata nativa como a área de maior estabilidade, a

vista disso, a respiração edáfica pode ser empregada para registrar mudanças na dinâmica do carbono do solo, em solos que sofreram ações antrópicas para a implantação de culturas (SOUTO et al., 2009).

2.2 Influência do uso do solo nos estoques de carbono e nutrientes

As alterações dos ecossistemas naturais em ambientes de cultivo vem causando modificações na dinâmica de carbono no solo. Ocasionalmente a redução do teor de carbono no solo por decomposição da matéria orgânica e pela perda por erosão (HICKMANN et al., 2012). Outros autores apresentam que a substituição da vegetação do Cerrado por atividades agropecuárias conduzem à redução dos estoques de carbono no solo (MAIA et al., 2009; SIQUEIRA NETO et al., 2009).

As modificações no acúmulo de carbono no solo necessitam ganhar um novo equilíbrio, sendo este atingido no momento em que se iguala a taxa de decomposição e a quantidade de entrada de carbono na forma de materiais vegetais (LIMA et al., 2015). Fontana et al. (2006), avaliando os compartimentos da matéria orgânica em diferentes coberturas no solo, encontraram os menores teores de carbono orgânico total em maiores profundidades, já em mata nativa verificaram maiores teores de carbono orgânico total quando comparados a solos cultivados, os resultados encontrados podem estar associados à maior reserva e ao aporte de matéria orgânica nos solos da mata, além da menor ação do homem no solo. Neves et al. (2009) analisaram que o carbono orgânico total auxilia no processo de ciclagem da matéria orgânica, agindo também como indicador de qualidade do solo em virtude de suas características como fonte e dreno de nutrientes do ecossistema.

Em porcentagem o C constitui cerca de 56% da MOS e 45% aproximadamente do tecido vegetal. Cerca de 1,5 a 2 Pg (pentagrama) de estoque de carbono orgânico nos solos, sendo duas vezes maior que o estoque de carbono na atmosfera e superior a todo o carbono contido na biomassa vegetal do planeta (HOUGHTON, 2001). Nas espécies do cerrado os teores médios de C estão entre 43,24%-folhagem, 42,06%-galhos, 40,09%-raízes, 41,01% -fustes e 40,60%-cascas (VIEIRA et al., 2009). O aporte de biomassa vegetal pelas culturas está dentre os principais mecanismos que proporciona o aumento do estoque de carbono orgânico no solo especialmente pelo sistema radicular, pois a mesma beneficia a adição de carbono em profundidade (LOVATO et al., 2004; D'ANDRÉA et al., 2004; VEZZANI & MIELNICZUK et al., 2011).

Portanto, a concentração de carbono está localizada no maior aporte de biomassa nos sistemas, esta concentração ou acúmulo ocorre na matéria orgânica particulada dado que a mesma é mais sensível que o carbono orgânico às alterações no manejo do solo (ROSSI, 2012). Segundo Assad et al., (2013) são muito os estudos com diversas variáveis, especificamente com temperatura, precipitação e CO₂, em cada escala regional, estas variáveis climáticas desempenham grande importância e podem controlar os ECS.

Segundo Corado Neto et al. (2015), perdas de carbono orgânico podem estar associadas a condições de baixa cobertura vegetal e elevado escoamento superficial da água, estando este último associado à conformação do terreno em certa topografia.

2.3 Respiração edáfica do solo e uso do solo

A respiração edáfica pode ser definida como a oxidação biológica da matéria orgânica à CO₂ através dos microrganismos, atuando em uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres, sendo um ótimo indicador de qualidade do solo. Sendo assim, quanto maior a respiração edáfica, maior será a decomposição e mineralização da MOS e a oferta de nutrientes para as plantas (SILVA et al., 2010).

A atividade biológica do solo inclui todas as reações metabólicas celulares de modo que há grande interação entre os microrganismos do solo e os organismos da macro e meso fauna edáfica na decomposição da matéria orgânica, pode ser avaliada por meio de vários parâmetros, dentre os quais se destacam o da respiração, a quantidade de CO₂ liberada, decorrente da respiração de microrganismos e raízes é um dos métodos mais utilizados para avaliar a atividade microbiana que influenciada entre outros fatores principalmente pela temperatura (ARAÚJO et al., 2011).

Segundo Sherman et al., (2012); Schindlbacher et al., (2012); Hawkes et al., (2020); Pereira et al., (2013); Fraser et al., (2016) o funcionamento e a composição do ambiente edáfico é imensamente sensível às variáveis atmosféricas, as características biológicas, químicas e físicas do solo são capazes de sofrer influência direta das alterações atmosféricas, sendo a microbiota a mais sensível, pois ela responde rapidamente as mudanças promovidas pela pluviosidade, temperatura e umidade, além da vegetação e matéria orgânica disponível.

Mostrando que as interações entre CO₂, umidade, temperatura, fotossíntese e também a disponibilidade de nutrientes do solo são capazes de determinar não somente a composição e estrutura da planta e sua comunidade microbiana, como podem determinar

o tamanho e modificação dos reservatórios de C no solo (TATE; ROSS, 1997). Miranda (2018) trabalhando com respiração edáfica em diferentes sistemas de uso constatou que a alta quantidade de CO₂ está relacionada com o período chuvoso. Fatores como umidade e temperatura se correlacionam favorecendo o aumento do efluxo de CO₂ nos diferentes ambientes.

Simon et al. (2019) ao analisarem a emissão de CO₂ em diferentes sistemas (plantio direto, cultivo mínimo e preparo convencional e área de vegetação nativa) de manejo do solo, perceberam que no sistema de preparo convencional do solo houve aumento na emissão de CO₂ e temperatura do solo, constataram também que a emissão de CO₂ diferiu em função dos preparos e dos atributos físicos do solo de cada sistema. Do mesmo modo, Giovanetti et al. (2019), ao quantificarem a respiração microbiana do solo em diferentes sistemas (solo desnudo, horta mandala e pomar orgânico), constataram que as práticas de manejo do solo têm relação direta com a respiração edáfica e sugerem a técnica de plantio direto como atenuante à temperatura superficial e benéfica à biota do solo. Portanto, no momento em que o ambiente edáfico sofre alterações de umidade e temperatura do solo se torna desfavorável a retenção de carbono e os fatores que interferem nesta alteração metabólica, impactam na emissão de CO₂.

A estimativa da respiração microbiológica também proporciona dados uteis relacionadas as modificações que ocorrem nas propriedades biológicas dos solos, resultado de fatores como diferentes tipos de manejo e de culturas como práticas agrícolas (ALVAREZ et al., 1995; JORDAN et al., 1995), consequência do uso de fertilizantes orgânicos ou minerais e biocidas em geral. (KUMMER et al., 2008).

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

O trabalho foi conduzido na cidade de Barreiras-BA, localizada no Oeste da Bahia, entre as coordenadas geográficas (44° 59' 33" W e 12° 8' 54" S), com altitude de 454 m, durante os meses de setembro a outubro de 2021.

O clima predominante na região é o clima tropical com estação seca, baseado na classificação climática Köppen-Geiger: Aw, com período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro. Foram coletados dados climáticos no site oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (IMNET) tendo uma temperatura média anual que

varia em torno de: 25.7 °C e 863 mm da pluviosidade média anual. Os solos são classificados como LATOSSOLOS AMARELO, solos profundos, bastante intemperizados, pobres em saturação por bases e matéria orgânica e o bioma cerrado (EMBRAPA, 2017).

3.2 Seleção das áreas de estudo

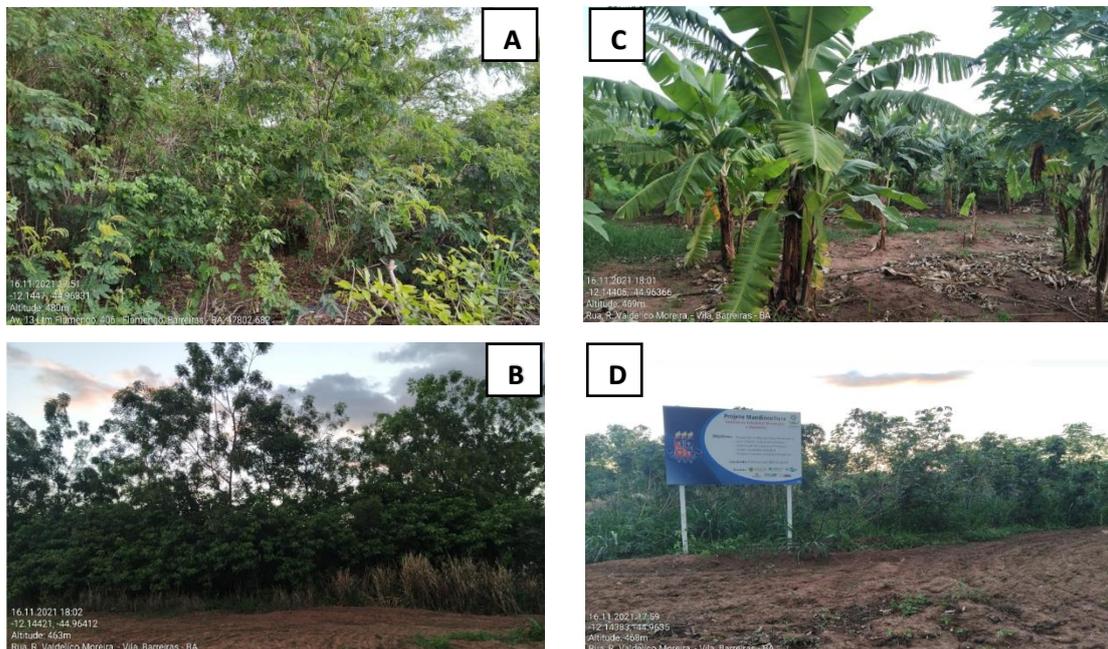
Os locais selecionados para as avaliações foram de áreas sob diferentes usos do solo como: Área de Cerrado Nativo - ACN (Figura A), Área com pinhão manso - API (Figura B), Área com banana - ABA (Figura C) e Área com mandioca - AMA (Figura D). Para o histórico foram obtidas informações como: Tipo de vegetação; correções e adubações realizadas, principais tratamentos culturais e uso atual do solo (Tabela 1).

Tabela 1- Descrição das áreas de manejo de estudo.

USO DO SOLO	COORDENADAS	DESCRIÇÃO
Área de Cerrado Nativo - ACN	Latitude: S -12.1447° Longitude: W -44.96331° Altitude: 480m	Apresenta vegetação densa com pouca presença de material orgânico. Sistema radicular bastante ramificado e profundo. A área possui pouca característica de preservação.
Área com Pinhão Manso - API	Latitude: S -12.14414° Longitude: W-44.96408° Altitude: 463m	Constituída por plantas de pinhão manso, e de Nim indiano, bom aporte de material orgânico e raízes, plantada em 2008.
Área com Banana - ABA	Latitude: S -12.14405° Longitude: W -44.96366° Altitude: 469m	Área recém formada, primeira produção de frutos. Os tratos culturais consistem em limpeza regular para retirada dos restos de materiais secos provenientes das plantas de banana e capina de plantas invasoras. Anteriormente a área era constituída por pousio, essa recebeu aragem e gradagem para implantação da cultura da banana.
Área com Mandioca - AMA	Latitude: S -12.14383° Longitude: W -44.9635° Altitude: 468m	Histórico de feijão guandu, seguido de pousio. Uso de arado e grade e adubação fosfatada supersimples e adubação nitrogenada com ureia antes do cultivo da mandioca, área sem presença de palhada.

Fonte: Autoria própria.

Figura 1- Áreas utilizadas no experimento: Cerrado Nativa (Figura A), Pinhão manso (Figura B), Área com banana (Figura C) e Área com mandioca (Figura D), Barreiras/BA, 2021.



Fonte: Autoria própria.

3.3 Coleta das amostragens do solo

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-30cm. As amostras foram devidamente identificadas e encaminhadas para o laboratório de Química e Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus IX. As amostras deformadas foram secas ao ar (45° C), destorroadas e passadas em peneiras de malha 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA) e, conseqüentemente, o encaminhamento para fins das análises químicas. As amostras indeformadas foram conduzidas ao laboratório para determinação das análises físicas do solo. Seguindo metodologia da EMBRAPA, (2017). Em cada área de estudo foram abertos perfis na profundidade de até 30 cm, sendo coletada amostras indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm para determinação da densidade do solo, conforme metodologia da Embrapa, (2017). Para determinação da densidade do solo, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Ds = m_a / V$$

Onde, D_s - Densidade do solo em kg dm^{-3} ; m_a - Massa da amostra de solo seco a 105°C até peso constante, em g. e V - volume do cilindro, em cm^3 .

3.4 Determinação do carbono orgânico total e estoque de carbono

O carbono orgânico total, foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 2017). Os estoques de COT foram obtidos pela correção da massa equivalente do solo, tendo como referência a massa do solo da área sob vegetação nativa (ACN) (ELLERT et al., 2001).

Para o cálculo da massa equivalente, foi obtida a massa relativa do solo nos diferentes manejos pela seguinte expressão:

$$M_{\text{solo}} = d_s \times E \times A$$

Sendo: M_{solo} = Massa do solo, expresso em Mg ha^{-1} ; d_s = densidade do solo, expresso em $\text{Mg (megagrama) m}^{-3}$; E = espessura, expresso em m; A = área, 10.000 m^2 .

Em seguida foi calculado as camadas de solo a serem adicionadas ou subtraídas com o objetivo de igualizar as massas de solo dos tratamentos em relação a ACN. Para o cálculo das camadas a serem adicionadas ou subtraídas, foi utilizado a seguinte expressão:

$$E_{\text{ad/sub}} = (M_{\text{ref}} - M_{\text{area}}) \times f_{\text{ha/ds}}$$

Sendo: $E_{\text{ad/sub}}$ = Espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m; M_{ref} = massa equivalente do solo da área de referência (ACN), expresso em Mg ha^{-1} ; M_{area} = massa equivalente do solo da área, expresso em Mg ha^{-1} ; f_{ha} = fator de conversão de ha para m^2 ($0,0001 \text{ ha m}^{-2}$); d_s = densidade do solo, expresso em Mg m^{-3} .

Os estoques de COT em massa equivalente foram obtidos pela seguinte expressão:

$$\text{Est} = c_c \times d_s \times (E \pm E_{\text{ad/sub}}) \times A \times F_{\text{kg}}$$

Sendo: Est = Estoque de COT ou NT por unidade de área em camada equivalente, expresso em Mg ha^{-1} ; c_c = concentração de COT, expresso em g kg^{-1} ; d_s = densidade do solo, expresso em Mg m^{-3} ; E = espessura do solo da camada estudada, expresso em m;

Ead/sub = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m; A = área, considerando 1 ha, ou seja, 10.000 m²; Fkg = fator de conversão de kg para Mg (0,001 Mg ha⁻¹).

Figura 2- Amostras de solo com dicromato de potássio levado a estufa. Barreiras/BA, 2021.



Fonte: Autoria própria.

3.5 Respiração edáfica

A quantificação do CO₂, temperatura e umidade foram realizadas de acordo com a metodologia de Grisi (1978), a temperatura foi determinada com o auxílio do geotermômetro, as análises foram realizadas durante 12 horas no período diurno (6h15 às 18h15) e 12 horas no período noturno (18h15 às 6h15) para as análises, foram colocados 10ml da solução alcalina em potes de 500 ml, em duplicata, contendo um balde de capacidade de 29 L juntamente com o frasco controle hermeticamente fechado, em que o CO₂ liberado por uma área de solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e depois dosado por titulação utilizando-se HCl 0,1 N padronizado, tendo como indicador a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1%, para a primeira e segunda viragem respectivamente, preparado segundo Morita e Assumpção (1972). A massa de CO₂ desprendido por unidade da área e tempo (mg m⁻² h⁻¹) foi calculada segundo a fórmula de Valentini (2015), pela seguinte expressão:

$$CO_2 \text{ (mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}\text{)} = \frac{(VA-VB) \text{ NHCl} \times \text{Eq } CO_2}{A \times T} \times 10^4 \times 4 \div 3$$

Em que VB representa a ≠ do volume do ácido clorídrico gasto na titulação do branco com os dois indicadores. VA ≠ dos volumes do ácido clorídrico gasto na titulação da amostra com os dois indicadores; NHCl é a normalidade do ácido clorídrico (0,1 N);

Eq CO₂ é a equivalente grama de CO₂ (22); A é a área da campânula; T é o tempo de permanência da amostra no solo em horas. 4/3 é o fator que corrige o valor do efluxo de CO₂ no solo que pelo método químico é subestimado em 25%.

Figura 3- Frascos de vidros contendo 10mL de KOH, balde na área para evitar as trocas gasosas com a atmosfera, e um geotermômetro tipo espeto, Barreiras/BA, 2021.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4- Titulação com ácido clorídrico, Laboratório de Química e Física dos solos na UNEB, Barreiras/BA, 2021.



Fonte: Autoria própria.

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

Para análise dos dados, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde cada mini perfil constou numa pseudo repetição, totalizando, assim, três pseudo repetições. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 4x3, sendo quatro usos do solo e três profundidades (exceto a variável respiração edáfica do solo). Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao COT e EstCOT na (Tabela 2) não houve diferença significativa para os usos do solo, no que tange a densidade do solo observa-se que foi significativo acerca do uso do solo e tratamentos.

Tabela 2- Resumo da análise de variância (Teste F) do estoque de carbono orgânico total e atributos físicos do solo sob diferentes usos no Cerrado da Bahia.

Fonte de Variação	GL	Ds	COT	EstCOT
Uso do Solo (US)	3	9,61 ^{**}	2,96 ^{ns}	2,81 ^{ns}
Profundidade (P)	2	4,35 [*]	0,82 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Interação (USxP)	6	1,72 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,84 ^{ns}
Tratamentos	(11)	4,35 ^{**}	2,04 ^{ns}	2,58 ^{ns}
Resíduo	24			
Total	35			

COT = carbono orgânico total (g kg^{-1}); EstCOT = estoque de carbono orgânico total (Mg ha^{-1}); Ds = densidade do solo (g dm^{-3}). ** Significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade. * Significativo apenas a 0,05 de probabilidade. ^{ns} não significativo.

4.1 Densidade do solo, teor e estoques de carbono

Na Tabela 3 as médias da Ds nas profundidades de 0-10cm não foram divergentes nos diferentes usos do solo. Na profundidade de 10-20 cm houve diferença significativa para a AMA com relação aos demais usos do solo, apresentando valores de $1,29 \text{ g cm}^{-3}$. Na profundidade de 20-30 cm, a API e ACN apresentaram as maiores medias em relação a ABA. A redução da densidade do solo provoca aumento da porosidade do solo, devido, a incremento de microporos ao longo do perfil do solo (COSTA et al., 2020).

Tabela 3- Valores médios de densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total (EstCOT) em área sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia.

Uso do Solo	Ds	COT	EstCOT
	g cm ⁻³	g k ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Profundidade, 0-10 cm			
ACN	1,44aC	1,82aA	2,61aA
API	1,56aB	2,49aA	3,59aA
ABA	1,45aB	1,79aA	2,55aA
AMA	1,39aA	2,13aA	3,10aA
DMS	0,41	1,04	1,19
CV (%)	10,73	19,49	25,11
Profundidade, 10-20 cm			
ACN	1,55aB	1,55aA	3,17aA
API	1,52aB	2,05aA	3,18aA
ABA	1,52aA	1,40aA	2,17aA
AMA	1,29bA	2,09aA	3,23aA
DMS	0,20	1,21	1,90
CV (%)	5,44	24,52	24,78
Profundidade, 20-30 cm			
ACN	1,68abA	1,72aA	2,85aA
API	1,83aA	2,57aA	3,99aA
ABA	1,51bcA	2,13aA	3,56aA
AMA	1,35cA	2,23aA	3,75aA
DMS	0,28	1,11	1,62
CV (%)	6,80	20,18	17,57

ACN = área sob vegetação de Cerrado nativo; API = área sob plantio de pinhão manso; ABA = área sob plantio de banana; AMA = área sob plantio de mandioca. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula em cada profundidade, para cada uso do solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tomando como base os valores críticos de Tormena et al. (2008), que afirmam que a Ds acima de 1,16 g cm⁻³ corresponde ao limite que compromete o sistema radicular das plantas e afeta a qualidade física do solo. As áreas ACN, API, ABA e AMA, na camada superficial, apresentaram valores de Ds que podem causar restrições ao desenvolvimento radicular das plantas. De acordo Silva et al. (2015), valores de densidade do solo acima de 1,40 g.cm⁻³ podem resultar em limitações, principalmente ao crescimento radicular e infiltração de água no solo. Geralmente quanto maior a densidade do solo, menor será sua porosidade total e maior será a sua compactação (ARAÚJO et al., 2004), resultando em maiores dificuldades para o crescimento do sistema radicular das plantas (BENGOUGH et al., 2011).

Os baixos valores médios de densidade do solo na AMA podem ser justificados pelos preparo do solo com grade, os menores valores da densidade do solo podem ser atribuídos ao intenso revolvimento da área e à incorporação dos resíduos culturais (HILL,

1990). O manejo adotado na área explica os menores valores de densidade nas camadas avaliadas, Silveira, (2001) avaliou que a mobilização do solo até 10-15cm de profundidade pode aliviar, desta forma a compactação causada pelas operações de manejo das culturas. Para Suzuki et al., (2007) baixas densidades podem ser indicativa de um solo desagregado, que vem comprometendo a retenção de água.

Em relação a ACN e API os valores da Ds aumentaram ao longo das profundidades, indicando possível compactação nessas áreas, segundo Ferreira et al., (2010) os valores de densidade do solo considerados críticos ao crescimento radicular e infiltração de água, está entre 1,27 e 1,57 g cm⁻³. Costa et al., (2020) avaliando as modificações de alguns atributos físicos em um Latossolo no Cerrado da Bahia encontrou resultados semelhantes onde os valores da Ds na área do pinhão manso e cerrado aumentaram ao longo das profundidades estudadas coincidindo com os encontrados neste trabalho, resultado diferente foi observado por Silva, (2015) onde a Ds foi maior nas áreas cultivadas em comparação com a área cerrado. Porém neste trabalho as áreas cultivadas com mandioca e banana obtiveram resultados inferiores. As médias para COT e EstCOT não diferem significativamente nas profundidades avaliadas nos diferentes usos do solo. Diferindo dos resultados encontrados por COSTA et al., (2020) onde as formas de uso do solo em todas as camadas estudadas apresentaram aumento nos teores de COT e EstCOT.

4.2 Variação dos estoques de carbono nos diferentes usos do solo

De um modo geral, na Tabela 4 verifica-se padrão característico para o tipo de solo estudado, com os diferentes usos do solo, ou seja, com maiores concentrações nas camadas superficiais e nas camadas de 20-30 e diminuição dos teores de C na profundidade de 10-20 em todas as áreas avaliadas.

Tabela 4-Estoque de carbono orgânico total (EstCOT) e suas variações (Δ EstCOT) nas áreas sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia.

Uso do Solo	Prof.	EstCOT	Δ EstCOT	
		--Mg ha ⁻¹ --	--Mg ha ⁻¹ --	--%--
ACN		2,61aA	-	-
API	0-10	3,59aA	0,98	37,54
ABA		2,55aA	-0,06	-2,29
AMA		3,10aA	0,49	18,77
DMS		1,94		
CV (%)		25,11		
ACN		3,17aA	-	-
API	10-20	3,18aA	0,01	0,31
ABA		2,17aA	-1,00	-31,54
AMA		3,23aA	0,06	1,89
DMS		1,90		
CV (%)		24,78		
ACN		2,85aA	-	-
API	20-30	3,99aA	1,14	40,00
ABA		3,56aA	0,71	24,91
AMA		3,75aA	0,9	31,57
DMS		1,62		
CV (%)		17,57		

ACN = área sob vegetação de Cerrado nativo; API = área sob plantio de pinhão manso; ABA = área sob plantio de banana; AMA = área sob plantio de mandioca. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula em cada profundidade, para cada uso do solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de ganho de carbono orgânico total foram encontrados nas áreas de API e AMA em relação a área de referência ACN. Na profundidade de 0-10 e 20-30 a área API apresentou maior ganho de carbono, possivelmente por ser uma área implantada a mais de 13 anos sem revolvimento e com acúmulo de matéria orgânica no solo. Esse resultado mostra a importância de um sistema de cultivo sem o revolvimento e com a manutenção de MOS para promover o aumento do teor de COT e consequentemente o EstC no solo (FERREIRA et al., 2020). Mesmo em profundidade (MARTINS, 2004). Na profundidade de 10-20 o decréscimo no carbono pode ter ocorrido devido a influência do Nim indiano, já que o mesmo possui um princípio ativo chamado Azadiractina que causa diminuição acentuada na atividade microbiana (CHAGAS, 2008).

A área da ABA apresentaram os menores teores de carbono orgânico total, nas profundidade até 20 cm, devido a falta de práticas conservacionistas de manejo do solo (ALAVAISHA; MANZONI; LINDBORG, 2019; MACINTOSH et al., 2019). O revolvimento do solo acaba por expor a MOS a fatores de decomposição que, somados à

baixa deposição de resíduos vegetais, geram desequilíbrio na entrada e saída de MOS (LAL, 2018; SHAHBAZ; KUZYAKOV; HEITKAMP, 2017). Na profundidade de 20-30 na área ABA houve um acréscimo no acúmulo de carbono em relação as profundidade de 0-10 e 10-20cm, anteriormente a área era coberta por vegetação espontânea e possivelmente já existia acúmulo de carbono antes da implantação da cultura, pois o revolvimento do solo efetuado na área favoreceu a rápida mineralização da MOS, não permitindo que os processos de humificação da MOS se processem por completo, o que aumentaria o EstC ao longo do tempo pela maior estabilização da MOS no solo (SHAHBAZ; KUZYAKOV; HEITKAMP, 2017). Segundo Zinn, (2005) avaliando a redução do estoque de carbono em áreas onde ocorreu conversão da área nativa em área agricultável constatou que a camada que mais sofreu interferência e redução do estoque de carbono foi de 10-20cm. Devido ao sistema intensivo na área.

As variações no estoque de carbono na área AMA nas profundidades estudadas pode ser explicado por Campos et al., (2013) pois menores valores de estoque de carbono no plantio convencional podem ser atribuídos ao aumento da decomposição promovido pelo revolvimento do solo e exposição da MOS protegida nos agregados. O acréscimo do estoque na profundidade de 20-30 é possivelmente pelos restos vegetais das antigas culturas. Pois sistemas em que o solo é revolvido a matéria orgânica é distribuída por toda a acamada arável, fazendo com que os teores de carbono orgânico em profundidades maiores possam ser semelhantes ou maiores que no sistema sem revolvimento (BAKER et al., 2007; USSIRI; LAL, 2009).

Em geral, mudanças no uso do solo geram perdas significativas dos ECS em comparação a ambientes não alterados (BORDONAL et al., 2017). Seria interessante a realização de trabalhos que avaliassem o estoque de carbono até 1m da profundidade do solo, afim de verificar o acúmulo do carbono em maiores profundidades. Os estoques de carbono no solo variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo da terra. Poucos estudos consideram os estoques a 1 m de profundidade (AMEZQUITA et al., 2005).

4.3 Efluxo de C-CO₂ em diferentes períodos e usos do solo

Na figura 5 ambas as áreas apresentaram valores elevados no período noturno, encontrando-se com os maiores valores de CO₂ liberado. A ACN no período diurno apresentou respiração menos intensa (Figura 1A). A temperatura durante o dia aumentou,

sofrendo uma queda no período noturno. Sendo a temperatura um dos fatores que tende a influenciar na biótica do solo, alterando tanto a sua população, quanto as suas atividades. API (Figura 1B), apresenta características semelhantes ao cerrado nativo, possivelmente a alta liberação de CO₂ no período noturno está relacionada, a princípio, pela diminuição da temperatura nesse horário, o que pode levar a um aumento da umidade relativa e, conseqüentemente, propicia maior intensidade da atividade microbiana (HOLANDA et al., 2015). Souto et al. (2013) também identificaram maior liberação de CO₂ durante o período noturno ocorrendo diferença significativa entre os períodos em todas as épocas de amostragem no trabalho realizado. Os autores mencionaram que durante a noite, a temperatura do solo nas camadas superficiais, estando mais baixas do que no período diurno, favorecem a atividade microbiana, resultando em maior liberação de CO₂.

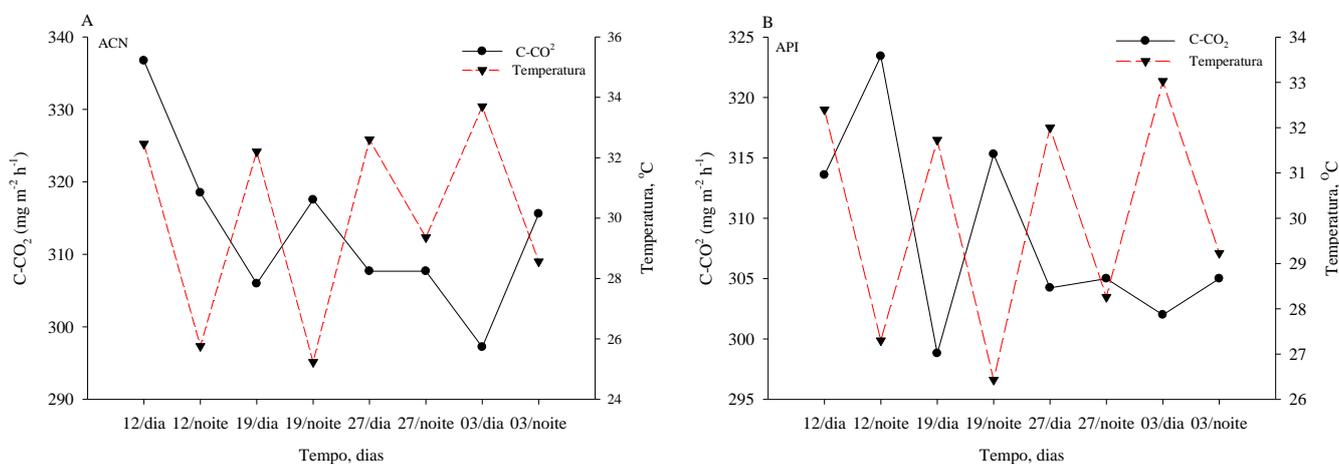


Figura 5- Emissão diurna e noturna diárias de C-CO₂ em áreas sob vegetação de Cerrado nativo, ACN (1A) e plantio de pinhão, API (1B) no Cerrado da Bahia.

Quanto ao Pinhão Manso, o mesmo apresenta semelhança com a área de cerrado nativo, podendo representar uma combinação ideal no favorecimento da biota do solo, disponibilizando matéria orgânica e refúgio aos microrganismos, já que não há interferência do manejo intensivo (AGOSTINHO, 2017). Segundo Chagas (2008), a área de pinhão manso possui uma alta eficiência para a estocagem de carbono no solo, contudo, por estar consorciado com o Nim indiano que possui um princípio ativo chamado Azadiractina, extraído da sua parte aérea e tendo capacidade antimicrobiana e inseticida, o pinhão manso pode apresentar uma diminuição acentuada na atividade microbiana. Quando comparado, a área de Pinhão Manso consorciado ao Nim com a área de cerrado nativo, os valores correspondentes as taxas de emissão de CO₂ diurno e noturno nas áreas foram semelhantes.

A área ABA apresenta um decréscimo constante da emissão de CO₂ partindo do período noturno do dia 12 até o período diurno do dia 27 causado possivelmente pela irrigação diária, criando um ambiente anaeróbico que prejudica a atividade microbiana (Figura 2A). Acarretando uma queda da temperatura que nos períodos citados anteriormente não houve elevação o que indica possível umidade na área. Os valores da respiração edáfica nos demais dias apresentaram as mesmas características que a área de pinhão manso e cerrado nativo. Na comparação com os demais sistemas avaliados a ABA obteve as menores emissões de CO₂. Pedralino et al. (2013) deduz, que a baixa biomassa microbiana pode levar a um maior consumo de carbono para manter essa biomassa no solo, demonstrando estresse na população microbiana e, conseqüentemente, perda da qualidade do solo e isso é fundamentado. Na área AMA a emissão de CO₂ foi maior durante período noturno nos dias 12 e 27, já no dia 3 houve uma queda comparado aos demais dias, durante o período diurno a liberação de CO₂ assim com a temperatura são iguais as demais áreas avaliadas (Figura 2B).

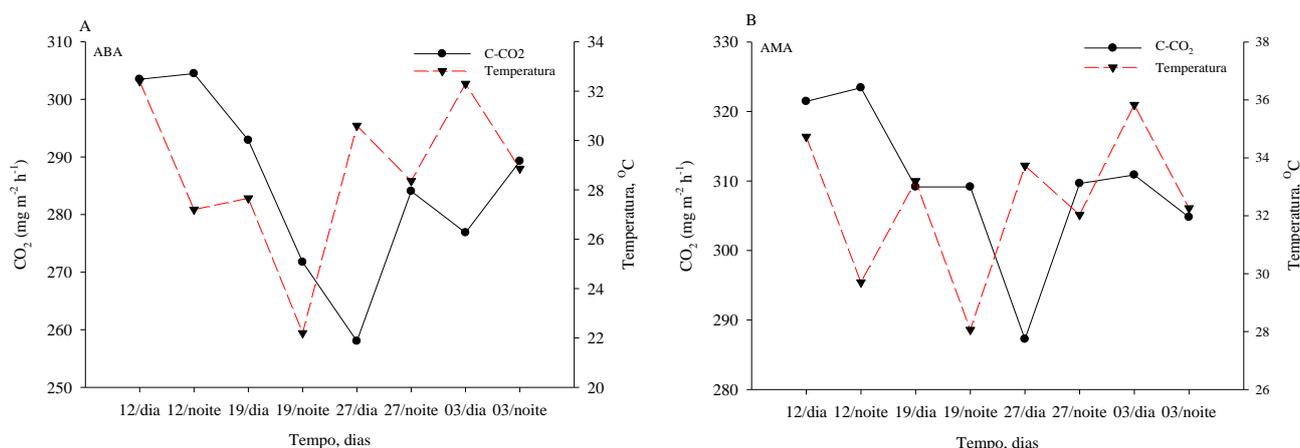


Figura 6- Emissão diurna e noturna diários de C-CO₂ em áreas sob plantação de banana, ABA (2A) e mandioca, AMA (2B) no Cerrado da Bahia.

Vários fatores como a umidade, temperatura, estrutura, textura e quantidade de matéria orgânica do solo, influenciam na respiração edáfica, que é indicador da decomposição e mineralização da matéria orgânica do mesmo, disponibilizando nutrientes para as plantas (SILVA et al., 2010). Em concordância com Souto et al. (2009), há indicativo de que os microrganismos aumentam sua atividade entre 40 e 45°C na região semiárida, e quando alcançam valores próximos aos 50°C há inibição da atividade microbiana e, conseqüentemente, menor produção de CO₂. Contudo, de acordo com Paul

& Clark (1996), baixas temperaturas também resultam em decréscimos na liberação de CO_2 , podendo inibir a atividade microbiana em condições extremas predominante do ambiente.

Devido à necessidade de capinas e movimento do solo durante os estádios de desenvolvimento da área de mandioca, o solo permaneceu descoberto e desprotegido, ocasionando a passagem de muita radiação solar (FERREIRA et al., 2015). De acordo com Araújo et al., (2016), áreas mais antropizadas com ausência de cobertura permite uma maior incidência de raios solares aumentando a mineralização da matéria orgânica e consequentemente maior atividade microbiana e maior liberação de CO_2 .

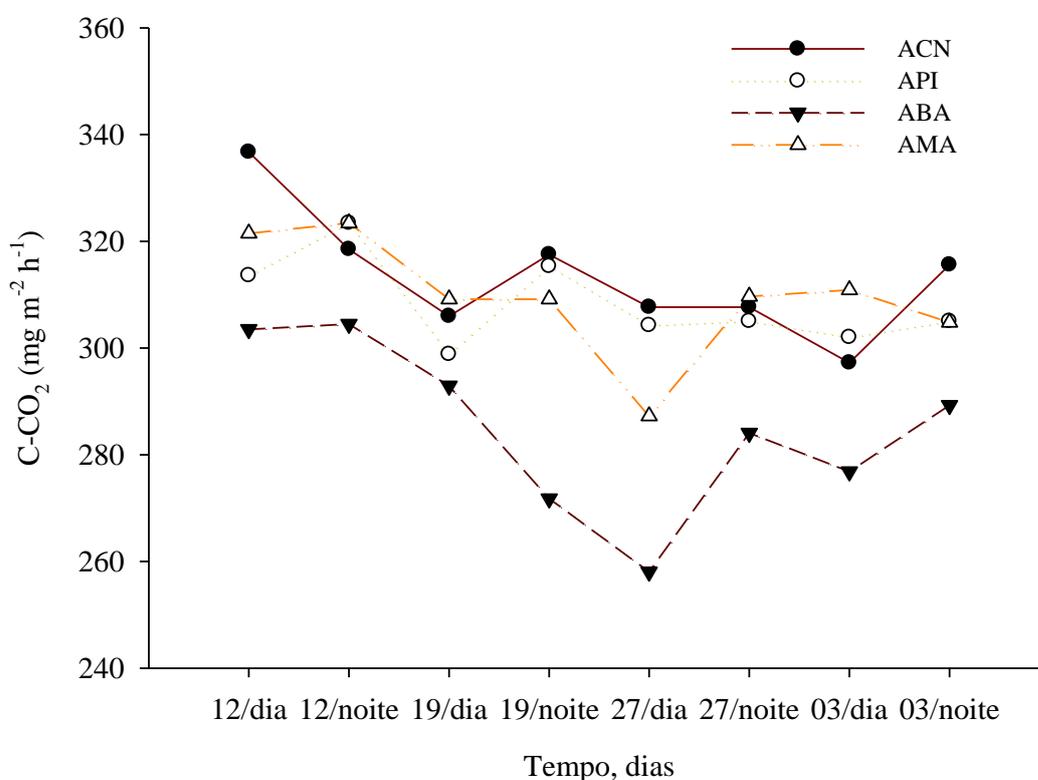


Figura 7- Emissão diurna e noturna diárias de C-CO_2 em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado da Bahia.

É possível observar na (Figura 7) que o período noturno apresentou respiração edáfica moderadamente superior as obtidas durante o período diurno, as AMA e API durante a realização da pesquisa obtiveram emissões de CO_2 semelhante a ACN, com exceção da ABN, apresentou as menores emissões. Qualquer alteração na temperatura e umidade do solo podem tornar o ambiente edáfico desfavorável a retenção de carbono e os fatores que interferem nesta alteração metabólica, impactam na emissão de CO_2 . Pois o clima quente e úmido acelera a atividade biológica do solo. Como taxa de respiração do

solo é considerada um indicador dessa atividade microbológica do solo, a produção do CO₂ dentro do solo responde fortemente às variações dessas variáveis (FANG; MONCRIEFF, 2001; SUBKE et al., 2004) Estes resultados sugerem a necessidade de realizar pesquisas com maior tempo de implantação dos sistemas de preparo.

5 CONCLUSÃO

A área da mandioca reduz a densidade do solo abaixo de 10 cm.

As áreas sob diferentes usos do solo não influenciam nos teores e estoques de carbono quando comparada a área sob vegetação nativa de Cerrado.

O período noturno apresenta os valores mais elevados de emissão de CO₂ em comparação ao período diurno nos diferentes usos do solo no Cerrado da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, P. R. Indicadores biológicos de qualidade de solo em sistemas agroflorestais biodiversos para fins de recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Agropecuária Oeste Tese/dissertação (ALICE)**, 2017.
- AGUIAR S, SANTOS I. S, ARÊDES N, SILVA S. BIOME-NETWORKS: information and communication for sociopolitical action in eco-regions. **Ambiente & sociedade**, v. 19, n. 3, p. 231-248, 2016.
- ALAVAISHA, E.; MANZONI, S.; LINDBORG, R. Different agricultural practices affect soil carbon, nitrogen and phosphorous in Kilombero-Tanzania. **Journal of Environmental Management**, v. 234, p. 159-166, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.039>
- ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, v.13, n. 4, p. 259-264, 2014.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.
- AMEZQUITA, M. C.; IBRAHIM, M.; LLANDERAL, T.; BUURMAN, P.; AMEZQUITA, E. Carbon sequestration in pastures, silvopastoral systems and forests in four regions of the Latin American tropics. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 21, p. 31-49, 2005.
- ARAUJO, M. A; TORMENA, C. A; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.
- ARAUJO, Kallianna Dantas. Cinética de evolução de dióxido de carbono em área de caatinga em São João do Cariri-PB1. **Revista Árvore**, Viçosa-mg, v. 35, n. 5, p.1099-1106, 02 maio 2011.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. **Biogeosciences**, v. 10, p. 6141-6160, 2013
- BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTEREA, R. T.; GRIFFIS, T. J. Tillage and soil carbon sequestration-what do we really know? **Agriculture Ecosystem & Environment**, v.118, n.1, p.1-5, 2007.
- BATLLE-BAYER L, BATJES NH, BINDRABAN PS. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 137, p. 47-58, 2010.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v. 111, n. 7, p. 1-12, 2012.

BENGOUGH, A. G.; MCKENZIE, B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 1, p. 59–68, 2011.
 CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277- 289, 2010.

BORDONAL RO, LAL R, RONQUIM CC, FIGUEIREDO EB, CARVALHO JLN, MALDONADO JR. W ET AL. Changes in quantity and quality of soil carbon due to the land-use conversion to sugarcane (*Saccharum officinarum*) plantation in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 54–65, 2017.

CAMPOS, L.P.; LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; BRASIL, E.L.; IWATA, B.F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.3, p.304-312, mar. 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. DOS S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.863-852, 2015.
<https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140269>

COSTA, A. A.; MACHADO, N. B. E.; LUDUVICO, A. G.; MACEDO. Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 5, p.32294-32306, Maio. 2020. DOI:10.34117/bjdv6n5-610 Disponível em: <
<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/10823/9046>> Acesso 30.Nov.2021.

DIAS, R. R. A. Modelagem dos estoques de carbono do solo sob diferentes coberturas na região do cerrado. 2010. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Ecologia)** - Universidade de Brasília, Brasília, 2010. DIEKOW, J. et al. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 87-95, 2005.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

COSTA, C.D.O.; ALVES, M.C.; SOUSA, A. C. Atributos químicos dos solos sob diferentes usos e manejos em uma sub-bacia do Estado de São Paulo. **Scientia Agraria Paranaensis** -SAP. Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 119-126, abr./jun.2015.

CORADO NETO, F. da C.; SAMPAIO, F. de M. T.; VELOSO, M. E. da C.; MATIAS, S. S. R.; ANDRADE, F. R.; LOBATO, M. G. R. Variabilidade espacial dos agregados e

carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2015.

CHAGAS, P. D. Esperança Nacional. **Revista do Biodiselbr**, Curitiba, v. 1, p. 24-34, 2008.

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**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; BLAINSKI, E.; GONZÁLEZ, A. P. Estoque de C e abundância natural de ¹³C em razão da conversão de áreas de floresta e pastagem em bioma mata atlântica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1643-1660, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140531>

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Manual de métodos e análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 212p

EMBRAPA - CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. BRASÍLIA: EMBRAPA-SPI; RIO DE JANEIRO: EMBRAPA-SOLOS, 2018. 355 P.

FANG, C.; MONCCRIEFF, J. B. The dependence of soil efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33. p. 155-165. 2001.

FERREIRA, C. R.; SILVA NETO, E. C.; PEREIRA, M. G.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C. Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of no-till management. **Soil and Tillage Research**, v. 198, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104533>

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.847-853, 2006

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

FRASER, F. C.; TODMAN, L. C.; CORSTANJE, R.; DEEKS, L. K.; HARRIS, J. A.; PAWLETT, M.; WHITMORE, A. P.; RITZ, K. Distinct respiratory responses of soils to complex organic substrate are governed predominantly by soil architecture and its microbial community. **Soil Biology & Biochemistry**. n. 103, p. 493-501. 2016. [DOI.org/10.1016/j.soilbio.2016.09.015](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.09.015)

GATTO A, BARROS NF, NOVAIS RF, SILVA IR, LEITE HG, LEITE FP ET AL. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

GIOVANETTI, L. K., BONOME, L., SOUZA, E., BITTENCOURT, H., KRUPPA, M. & LIZARELLI H. (2019). Respiração microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Cadernos de Agroecologia**, 14(1), 1-3.

GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88, 1978

HAWKES, C. V.; SHINADA, M.; KIVLIN, S. N. Historical climate legacies on soil respiration persist despite extreme changes in rainfall. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 143, April. 2020. DOI.org/10.1016/j.soilbio.2020.107752.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1055–1061, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012001000004>

HILL, R.L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America Journal**, v.54, p.161-166, 1990.

HOUGHTON, J. T. (Ed.). Climate change 2001: Climate change 2001 the scientific basis. **Cambridge: Cambridge University Press: IPCC**, 2001. 881 p.

HOLANDA, C. A.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um Remanescente de caatinga na paraíba. **Revista Árvore, Viçosa-MG**, v.39, n.2, p.245-254, 2015: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200004>

INMET 2010 (online). INMET Clima: normas climatológicas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmax>.

JORDAN, D.; KREMER, R. J.; BERGFELD, W. A.; KIM, K. Y.; CACNIO, V. N. Evaluation of microbial methods as potential indicators of soil quality in historical agricultural fields. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, n. 4, p. 297-302, 199514(1), 1-3.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.04.008>

KLINK, C. A; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Revista Megadiversidade**. v.1, n.1 julho,2005 p.147-155.

KUMMER, L.; BARROS, Y.J.; SCHAFER, R.F.; FERREIRA, A.T.S.; FREITAS, M.P.; PAULA, R.A.; DIONÍSIO, J.A. Respiração e biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de uso. **Curitiba: Scientia Agraria**, p. 559-563. 2008. DOI.10.5380/rsa.v9i4.

LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 8, p. 3285-3301, 2018. <https://doi.org/10.1111/gcb.14054>

LEPSH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2. ed. São Paulo: **Oficina de textos**, 2010. 217p.

LIMA, M. A., Boddey, R. M., Alves, B. J., & Machado, P. L. Estoques de Carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira- 3. Ed. Ver - Brasília-DF, 2015.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, C. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:175-187, 2004.

MARTINS, K. G. 2004. Deposição e Decomposição de Serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas Sobre Solos Hidromórficos na Estação Ecológica da Ilha do Mel – PR. (**Mestrado em Ciência do Solo**) – Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba.

MACINTOSH, K. A.; DOODY, D. G.; WITHERS, P. J.; MCDOWELL, R. W.; SMITH, D. R.; JOHNSON, L. T.; BRUULSEMA, T. W.; O’FLAHERTY, V.; MCGRATH, J. W. Transforming soil phosphorus fertility management strategies to support the delivery of multiple ecosystem services from agricultural systems. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 90-98, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.272>

MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, v. 149, n. 1-2, p. 84-91, Feb. 2009.

MAIA S.M.F, OGLE S.M, CERRI C.C, CERRI C.E.P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 106, p. 177-184, 2010.

MELO, A. W. F. Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo do Acre. 2003. 74f. **Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas.)** - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MIRANDA, Alexandre Amadeu Cerqueira de. Relação entre indicadores de qualidade de solo sob diferentes sistemas de manejo. 2018. 68 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras-pb, 2018. Cap. 2.

MORITA, T.; ASSUNPÇÃO, R. M. V. Manual de soluções, reagentes e solventes. 1. ed. São Paulo: **Edgard Blucher Ltda**, 1972. 629 p.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. de S.; D’ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema

agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 105-112, jan./fev. 2009.

NUNES R.S, LOPES A.A.C, SOUSA D.M.G, MENDES I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latos-solo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasi-leira de Ciencia do Solo**, v. 35, p. 1407-1419, 2011

PEDRALINO, F. O.; BARBOSA, B. S.; CABRAL, I. F.; SOUZA, L. A. C.; CORINGA, E. A. O. Indicadores ambientais de solos do Instituto Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá-Bela Vista. **Anais... IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA – 25 a 28/11/2013**, pag. 1-5

SUZUKI L. E. A. S, REICHERT J. M, REINERT D. J & LIMA C. L. R (2007) Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1159-1167.

SHAHBAZ, M.; KUZYAKOV, Y.; HEITKAMP, F. Decrease of soil organic matter stabilization with increasing inputs: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 304, p. 76-82, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.05.019>

PAUL, E. A. & CLARK, F. E. (1996). Soil microbiology and biochemistry. **Academic Press**, 340p.

PEREIRA, J.; BARETTA, D.; BINI, D.; VASCONCELLOS, R. L. F.; CARDOSO, E. J. B. N. Relationships between microbial activity and soil physical and chemical properties in native and reforested *Araucaria angustifolia* forests in the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, p.572-586, 2013. DOI.10.1590/S0100-06832013000300003

ROSSI, C.Q., PEREIRA, M.G., GIÁCOMO, S.G., BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.38-46, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Perspectivas de uso do solo no semi-árido nordestino. **In: ARAÚJO, Q. R. 500 anos de uso do solo no Brasil**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. p. 339-363.

SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; BARROS JR.GENIVAL Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com Braquiária (*Brachiaria decumbens* stapf) **R. Bras. Ci. Solo**, 38:147-157, 2014.

SIMON, C. P., VITÓRIA, E. L., LACERDA, E. G., AVANCINI, Y. S., RODRIGUES, T. F. & SIMON, C. A. (2019). Emissão de CO₂, atributos físicos e carbono orgânico total em diferentes sistemas de preparo do solo. **Nativa, Sinop**, 7 (5), 94-499. 10.31413/nativa.v7i5.6273

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SCHINDLBACHER, A.; WUNDERLICH; BORKEN, W.; KITZLER, B.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; JANDL, R. Soil respiration under climate change: prolonged summer drought offsets soil-warming effects. **Global change Biology**. v. 18, 2270–2279 p. 2012. DOI.10.1111/j.1365-2486.2012.02696.x.

SHERMAN, C. A.; STERNBERG, B. Y.; STEINBERGE, R. M. Effects of climate change on soil respiration and carbon processing in Mediterranean and semi-arid regions: An experimental approach. **European Journal of Soil Biology**. p. 52. p. 48-58, 2012. DOI.10.1016/j.ejsobi.2012.06.001.

SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B. Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agrossistemas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.

SILVA, A.; FAVARETTON, N.; CAVALIERI, K. W. V.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F. M.; PARRON, L. M.; CHEROBIM, V. F.; MARIOTI, J.; FERRARI NETO, J. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. In: PARRON, L. M. et al. Serviços ambientais em sistemas agrícola e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: **Embrapa**, 2015. p. 71-83

SILVEIRA, P. M.; L. F. STONE. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:395-401, 2001. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ZBcBQL7kpYJ6RtjCgnZDVFP/?format=pdf&lang=pt>> Acesso 30 Nov. 2021.

SOUTO, C., ALVES, P.; BAKKE, I.; SOUTO, S. J.; OLIVEIRA, M. V. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil, vol. 22, núm. 3, pp. 52 - 58, 2009.

SOUTO, P. C. et al. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de caatinga. **Cerne, Lavras**, v. 19, n. 4, p. 559-565, out./dez. 2013.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A. & BUZETTI, S. Alterações nas frações do C em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Sci. Agron.**, 28:323-329, 2006.

SUBKE, J. A.; INGLIMA, I.; PERESSOTTI, A.; VEDOVE, G. D.; COTRUFO, M. F. A new technique to measure soil CO₂ efflux at constant CO₂ concentration. **Soil Biology & Biochemistry**, v.36. p. 1013-1015, 2004.

TATE, K.R.; ROSS, D.J. Elevated CO₂ moisture effects on soil carbon storage and cycling in temperate grassland. **Glob. Change Biol**, v.3, p. 225-235, 1997

TORMENA, C. A. et al. 2008. Quantification of the soil physical quality of a tropical Oxisol using the index. **Scientia Agricola Journal** 65(1):56-60.

USSIRI, D. A. N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. **Soil & Tillage Research**, v.104, n.1, p.39-47, 2009.

VALENTINI, Carla Maria Abido; DE ABREU, Joadil Gonçalves; DE FARIA, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 127-142, 2015

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p.213-223, 2011.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R.; KLÜPPEL, M. L. W.; BARBEIRO, L. S. S. (2009). Teores de carbono em espécies vegetais da Caatinga e do Cerrado. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, v.7, p.145-155.

ZINN, Y. L.; LAL, R. Changes in soil organic carbon stocks under agricultural in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005.