



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DCH – CAMPUS IX  
COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

HAMANDA CANDIDO DA SILVA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NOS SOLOS  
SOB DIFERENTES USOS EM PERÍMETRO IRRIGADO EM BARREIRAS - BA**

**BARREIRAS - BA**

**2021**

HAMANDA CANDIDO DA SILVA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NOS SOLOS  
SOB DIFERENTES USOS EM PERÍMETRO IRRIGADO EM BARREIRAS - BA**

Trabalho de Conclusão de Curso da  
Universidade do Estado da Bahia, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Agrônômica.

Área de concentração: Solos

Orientador: Dr. Jorge da Silva Júnior

**BARREIRAS - BA**

**2021**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Sistema de Bibliotecas da UNEB

S586c

Silva, Hamanda Candido da

Carbono orgânico total e substâncias húmicas nos solos sob diferentes usos em perímetro irrigado em Barreiras-BA / Hamanda Candido da Silva. - Barreiras, 2021.

64 fls : il.

Orientador(a): Prof. Jorge da Silva Junior.

Inclui Referências

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

1.Solo- Manejo. 2.Matéria orgânica. 3.Solo- Carbono.

CDD: 633

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA  
Autorização Decreto nº 9237/86, DOU 18/07/96.  
Reconhecimento: Portaria 909/95, DOU 01/08-95  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CAMPUS IX - BARREIRAS  
COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA



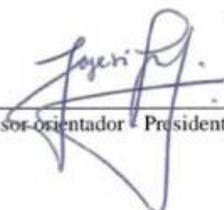
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**  
**Ata de Avaliação de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC**

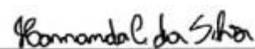
Ata da sessão de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do semestre 2021.2, sendo candidato (a) o (a) aluno (a) Hamanda Candido da Silva

Aos 10 dias do mês de dezembro de 2021 reuniu-se a Banda Examinadora constituída pelos professores Jorge da Silva Júnior, (presidente/orientador), e os membros: 1) Leandra Brito de Oliveira e 2) Alberto do Nascimento Silva na UNEB (Campus IX), para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado CARBONO ORGÂNICO TOTAL E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NOS SOLOS SOB DIFERENTES USOS EM PERÍMETRO IRRIGADO EM BARREIRAS – BA As médias de notas apontadas pelos professores conforme as Fichas de Avaliação de Banca (anexas) indicam que o aluno está **aprovada**, sendo recomendada nesta ocasião a concessão do grau de “*Bacharel em Engenharia Agrônômica*” ao candidato, uma vez se atendidas as correções apontadas pela banca e o cumprimento integral do currículo do curso.

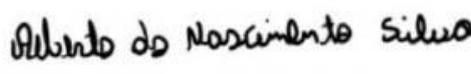
**Observações:** 1) A média aritmética final para aprovação é de 7,0 (sete vírgula zero);  
2) O(a) aluno (a) terá prazo de 5 (cinco) dias para fazer as correções solicitadas pela banca e apresentá-las ao Presidente da Banca (professor orientador) com a finalidade de entrega definitiva do trabalho.

Barreiras, 10 de dezembro de 2021

  
\_\_\_\_\_  
Professor orientador - Presidente da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Aluno (a)

  
\_\_\_\_\_  
Membro 1

  
\_\_\_\_\_  
Membro 2

## AGRADECIMENTOS

Me permita contar uma pouco da minha história e como cheguei até aqui. Aprendi muitas coisas durante a graduação na UNEB, além das habilidades técnicas, mas definitivamente um maior *insight*, “conforto e crescimento não coexistem”. As águias explicam bem essa teoria:

‘Quando uma águia vai ter filhotes, elas vão até o pico mais alto de uma montanha e constrói o seu ninho. A mãe águia constrói o seu ninho com gravetos, e depois forra em cima dos gravetos com penas e folhas, para as pontas dos gravetos não machucarem seus filhotes. Quando os filhotes nascem à mãe águia traz todos os dias o alimento dos filhotes para que eles cresçam saudáveis, quando os filhotes vão crescendo a mãe águia tira todas as penas do ninho e deixa apenas os gravetos para que aquele ninho não seja mais um lugar de conforto para seus filhotes. A mãe águia coloca então o seu filhote na beirada do ninho e o empurra para o precipício, assim para que ele perca o medo e voe, quando a mãe vê que o seu filhote está quase chegando ao chão ela o pega com suas garras e o leva para o ninho de novo, só que a mãe águia não desiste ela faz o mesmo procedimento sem cessar até que o seu filhote **aprenda a bater as asas e a voar sozinho.**’ Autor Desconhecido.

As águias são os meus pais Lindomar e Francisco, meu irmão Hartur, minha avó Valdeci e toda minha família, me deram o suporte, apoio e a educação necessária para voar para qualquer lugar, assim como fiz saindo de Formoso - MG para Barreiras - BA, em busca de realizar meu maior sonho, fazer minha graduação em Engenharia Agrônômica. Tive vários percalços (gravetos) para realizar com êxito esse trabalho, passamos por greve, uma pandemia mundial e muitas incertezas do futuro. Mas seguimos fazendo o possível e o impossível no campo e nos laboratórios, rotinas exaustivas diurnas, noturnas, final de semana, feriados, além de vaquinhas para comprar reagentes, enfatizo o imenso empenho, comprometimento, persistência e constância do grupo de pesquisa SOMA - Solos e Meio Ambiente, em especial a Taynara, João, Thiago e o meu orientador Dr. Jorge, sem eles nada disso seria possível. Gratidão pela confiança do Dr. Adilson, em me dar a primeira oportunidade de trabalhar com carbono. Gratidão ao Dr. Alberto, me ajudou imensamente na correção e estatística. Gratidão a equipe do laboratório de física dos solos, Dr. Heliab, Ane, Ayra pelo auxílio com o preparo de soluções e manejo dos equipamentos. Gratidão aos guardas, que sempre se preocuparam comigo nas longas jornadas no laboratório.

*“Somos seres vivos nascidos e alimentados pela terra viva. Devemos dar prioridade ao cuidado da Terra.” (David Korten)*

## RESUMO

A conversão de ecossistemas naturais em áreas cultivadas, associadas ao uso de práticas de preparo do solo por um longo período, causam perdas expressivas no conteúdo original da matéria orgânica do solo, além dessas mudanças originarem mais emissões de carbono para a atmosfera. A matéria orgânica tem grande importância para a produção agrícola, fazendo parte de um ciclo natural em que está em constante transformação. Dessa forma, deve ser incentivado o uso de sistemas de produção que contribuam para o aporte de carbono, ou diminua a sua mineralização. Esse trabalho tem o objetivo de comparar e quantificar os teores de matéria orgânica e carbono nas frações químicas, das áreas de cerrado nativo e sob exploração agrícola. O experimento foi conduzido em área experimental no município de Barreiras-BA, onde foram avaliadas cinco áreas com sistemas de uso diferentes, áreas com culturas anuais, pastagem, olerícolas, frutíferas em comparação a área referência com cerrado nativo. Os solos foram coletados nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em seguida realizadas as caracterizações de fertilidade, granulometria, densidade, carbono orgânico total e fracionamento químico da matéria orgânica do solo, subdivida em ácidos fúlvicos, húmicos e a humina, em seguida tabulados e calculados teores de matéria orgânica do solo, quantidade de matéria orgânica e crédito de carbono equivalente. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, e o teste de correlação de Pearson. De acordo com os resultados observou-se que o manejo com frutíferas tem um maior aporte de matéria orgânica, seguido de olerícolas, culturas anuais e pastagem que apresentam os menores teores de carbono orgânico total e as frações húmicas. Considerando que este compartimento é fortemente influenciado pelo sistema de manejo do solo, e que a magnitude dessas alterações indica se o sistema está ou não tendendo para perdas de matéria orgânica. Em todas as camadas, apresentam correlações positivas, os teores de COT correlacionam positivamente as variáveis, o que destaca a importância de mecanismos de estabilização da MOS no incremento dos teores de COT no solo. As mudanças de ambientes naturais em áreas agrícolas tiveram impacto considerável no acúmulo e dinâmica da matéria orgânica. O cultivo com frutíferas proporcionou aumento nos teores de carbono e MOS nas frações húmicas em relação as demais áreas. A pastagem e culturas anuais diminuíram consideravelmente os valores de aportes de carbono, devido as áreas degradadas e manejo convencional.

**Palavras-chave:** frações húmicas, sequestro de carbono, uso do solo, sustentabilidade.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABC +** – PLANO DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA E BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NA AGROPECUÁRIA 2020-2030

**AIBA** – ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA

**AF** – ÁCIDO FÚLVICO

**AH** – ÁCIDO HÚMICO

**C** – CARBONO

**CA** – ÁREA DE CULTURAS ANUAIS

**CCEq** – CRÉDITO DE CARBONO EQUIVALENTE

**CH<sub>4</sub>** – METANO

**CN** – CERRADO NATIVO

**COT** – CARBONO ORGÂNICO TOTAL

**CO<sub>2</sub>** – DIÓXIDO DE CARBONO

**CO** – MONÓXIDO DE CARBONO

**COP26** – CONFEDERAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**CTC** – CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS

**DIC** – DELINEAMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

**DS** – DENSIDADE DO SOLO

**EMBRAPA** – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

**FAO** – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA

**FR** – ÁREA DE FRUTÍFERAS

**GEE** – GASES DO EFEITO ESTUFA

**GTCO<sub>2e</sub>** – DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE

**HUM** – HUMINA

**MATOPIBA** – FRONTEIRA AGRÍCOLA DOS ESTADOS DO MARANHÃO, TOCANTINS, PIAUÍ E BAHIA

**MAPA** - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

**MO** – MATÉRIA ORGÂNICA

**MOS** – MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS

**N<sub>2</sub>O** – OXIDO NITROSO

**NORD** – AGÊNCIA NORUEGUESA DE COOPERAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO

**NICFI** – INICIATIVA INTERNACIONAL NORUEGUESA DE CLIMA E FLORESTAS

**O<sub>2</sub>** – OXIGÊNIO

**OL** – ÁREA DE OLERÍCOLAS

**PA** – ÁREA DE PASTAGEM

**PLANO ABC** – PLANO DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

**PNMC** – POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**QMOS** – QUANTIDADE DE MATÉRIA ORGÂNICA

**SEEG** – SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

**SIMA** – SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE MEIO AMBIENTE DO OESTE DA BAHIA

**SHs** – SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

**TFSA** – TERRA FINA SECA AO AR

**UNEB** – UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

**UNIFASB** – CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO FRANCISCO DE BARREIRAS

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DO HISTÓRICO DE CULTIVO DA ÁREA DE ESTUDO.	26
TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS ÁREAS NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM. ....	28
TABELA 3 - ANÁLISE DE GRANULOMETRIA DAS ÁREAS DE CERRADO NATIVO (CN), PASTAGEM (PA), FRUTÍFERAS (FR), OLERÍCOLAS (OL) E CULTURAS ANUAIS (CA) NA PROFUNDIDADE DE (0-20 CM). ....	28
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO 2019/2020. ....	38
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO 2019/2020. ....	39
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE QUANTIDADE OU ACÚMULO DA MOS (QMOS) E CRÉDITO DE CARBONO EQUIVALENTE (CCEQ), EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO 2019/2020. ....	42
TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DE QUANTIDADE OU ACÚMULO DA MOS (QMOS) E CRÉDITO DE CARBONO EQUIVALENTE (CCEQ), EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO SAFRA 2020/2021. ....	43
TABELA 8 - TEORES DE CARBONO DAS FRAÇÕES HUMINA (HUM), ÁCIDO HÚMICO (AH) E ÁCIDO FÚLVICO (AF) EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO SAFRA 2019/2020. ....	44
TABELA 9 - TEORES DE CARBONO DAS FRAÇÕES HUMINA (HUM), ÁCIDO HÚMICO (AH) E ÁCIDO FÚLVICO (AF) EM DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO, NAS PROFUNDIDADES DE 0-10 E 10-20 CM, PARA O ANO SAFRA 2020/2021. ....	46

## LISTA DE FIGURAS, QUADROS E GRÁFICOS

FIGURA 1 - EMISSÕES BRASILEIRAS EM BILHÕES DE TONELADAS DE CARBONO EQUIVALENTE (GTCO <sub>2E</sub> ) AO LONGO DOS ANOS DE 1991 A 2019, MUDANÇAS DE USO DA TERRA E FLORESTAS INCLUEM CONVERSÃO DE FLORESTAS EM CULTIVOS AGRÍCOLAS. ....	16
FIGURA 2 - AMOSTRAS DE SOLO EM TUBETES DE 50ML COM SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM REPOUSO POR 24H, PRONTAS PARA CENTRIFUGAÇÃO PARA POSTERIOR SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO HUMINA, DAS FRAÇÕES DOS ÁCIDOS FÚLVICOS E HÚMICOS, LABORATÓRIO DE FÍSICA DOS SOLOS NA UNEB. ....	31
FIGURA 3 - FILTRAGEM DOS ÁCIDOS FÚLVICOS E HÚMICOS NA FIGURA A, E NA FIGURA B AS FRAÇÕES SEPARADAS O MAIS ESCURO O AH E O MAIS CLARO O AF. ....	32
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCEDIMENTO DE FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MOS. .. <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
FIGURA 5 - TITULAÇÃO DE DICROMATO DE POTÁSSIO EM SULFATO FERROSO AMONÍACAL, NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA DOS SOLOS NA UNEB. ....	33
FIGURA 6 - CORRELOGRAMA COM ESTIMATIVAS DA CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS), QUANTIDADE OU ACÚMULO DA MOS (QMOS), CRÉDITO DE CARBONO EQUIVALENTE (CCEQ) E AS FRAÇÕES ÁCIDO FÚLVICO (AF), ÁCIDO HÚMICO (AH) E HUMINA (HUM). ....	49

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Mudanças de uso do solo e climáticas .....	15
2.2	Produção sustentável no oeste baiano.....	18
2.3	Matéria orgânica do solo.....	20
2.4	Substâncias húmicas .....	24
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Descrição da área de estudo .....	26
3.2	Amostragem do solo .....	27
3.3	Densidade do solo.....	29
3.4	Fracionamento químico .....	30
3.5	Carbono orgânico total .....	35
3.6	Delineamento experimental e análise estatística .....	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Carbono orgânico total e matéria orgânica do solo.....	38
4.2	Quantidade de mos e crédito de carbono equivalente .....	41
4.3	Ácido húmico, ácido fúlvico e humina.....	44
4.4	Correlação de pearson .....	48
5.	CONCLUSÃO .....	50
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira está intensificando suas práticas sustentáveis como solução para dois grandes desafios, alimentar a humanidade em demasiado crescimento e ajudar na minimização das mudanças climáticas. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, apresentou dados nesse ano, estimando que o setor tem condições de neutralizar mais de 25% de todo o carbono que a humanidade emitiu nos últimos 25 anos, e o Brasil ocupa o lugar de principal país com o maior potencial de sequestrar carbono (FAO, 2021). Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas, a temperatura média de 2015 a 2019, foi a mais alta desde de 1850. Em decorrência as práticas convencionais adotadas pela humanidade, até o fim do Século XXI poderá advir um aquecimento global acima de 1,5°C a 2°C, a menos que haja diminuições nas emissões dos gases do efeito estufa nos próximos anos (ALBUQUERQUE; ALENCAR; ANGELO, 2020; MELO, 2019; MENDES, 2020). A agricultura brasileira ainda não é de baixo carbono, mas tem expressiva potencialidade para tornar-se, com incentivos como o Plano Safra 2021/22, que destinará um aporte de 5 bilhões de reais para o plano ABC, o maior investimento em todos os anos do programa, no qual está na sua segunda fase ABC+, com metas de 2020 a 2030. Percebe-se a crescente atenção dos consumidores finais as questões ambientais em produtos que consomem, e a urgência da ação climática, exacerbam a rastreabilidade e necessidade de sistemas produtivos sustentáveis (SOUZA *et al.*, 2021).

O avanço da produção agrícola brasileira ao bioma cerrado, advento das novas fronteiras agrícolas como o MATOPIBA, nos propiciou desenvolvimento maciço dessas regiões, responsáveis por segurar o Produto Interno Bruto (PIB) do país. No entanto, teve contribuições significativas nas emissões no período de 2002 a 2010, cerca de 886 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> devido à conversão da vegetação nativa as lavouras. Contudo, as emissões caíram para 444 milhões de toneladas de 2010 a 2016, revelando o quanto é imprescindível o papel da mata nativa e práticas como o plantio direto como estoque de carbono (ALENCAR *et al.*, 2020; AZEVEDO *et al.*, 2018; QUINTÃO *et al.*, 2021; SOTERRONI *et al.*, 2016).

Ao acumular matéria orgânica do solo (MOS), funciona como amplo depósito de carbono, pois, possui 58% de carbono orgânico (MACHADO; BERNARDI;

SANTOS, 2003), funcionando como indicador de qualidade, sendo abundantemente sensível as práticas de manejo adotadas na área, além da maioria dos atributos do solo estarem relacionadas a ela, como a agregação, porosidade, infiltração de água, compactação, densidade do solo, erosão e capacidade de trocas de cátions (MAIA; PARRON, 2015; ROCHA, 2021). Contudo, opera como condicionadora do solo, nas propriedades químicas, físicas e biológicas, deste modo a conservação da mesma é um procedimento de ganha - ganha, estudos despontam que cerca de 1% de MOS pode representar 12 kg/ha de nitrogênio em cada cultivo de milho, contribuindo para agregação desse solo (FONTOURA; BAYER, 2009). Ainda, 1,1 a 2,3 cmol dm<sup>-3</sup> na CTC (CIOTTA *et al.*, 2003; NASCIMENTO *et al.*, 2003), além de aumentar a capacidade de água disponível no solo em 1,16% (MINASNY; MCBRATNEY, 2018). O fracionamento químico da MOS, nos mostra os vários compartimentos das substâncias húmicas, que se dividem principalmente por diferença de solubilidade, em três constituintes, sendo os ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e a humina (HUM). A fração humina é considerada a fração com maior reserva de carbono nos solos (EBELING *et al.*, 2011). Ainda, de acordo com (FONTANA, 2009), a humina indica presença de matéria orgânica recalcitrante e fortemente estabilizada com a parte mineral do solo, enquanto os ácidos fúlvicos correspondem à matéria orgânica proveniente de formas lábeis, como exsudados, que são mais facilmente humificadas, e possui maior mobilidade no solo.

A proposição central desse trabalho tem o objetivo de comparar e quantificar os teores de matéria orgânica e carbono nas frações químicas, das áreas de cerrado nativo e sob exploração agrícola. Verificando o impacto da exploração agrícola de solos do cerrado, sobre alterações da matéria orgânica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

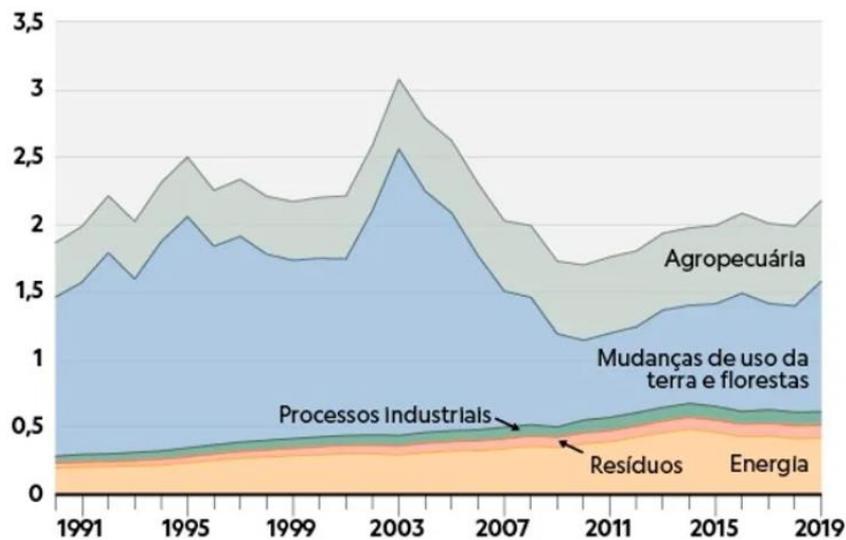
### 2.1 Mudanças de uso do solo e climáticas

As práticas de uso e manejo do solo respondem pela entrada e saída de carbono do sistema solo para a atmosfera, e em sistemas agrícolas é influenciada pelo preparo do solo, espécies utilizadas, rotação de culturas, adubação e, principalmente, pelo manejo dos resíduos das culturas (CIOTTA *et al.*, 2003). Portanto, as ações antropogênicas, como as que compuseram os processos produtivos intensificados a partir da Revolução Industrial e que se contemporizam até a atualidade, procedem em perdas de C estocado, transformando em fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), como o desmatamento intensivo, queima de combustíveis fósseis, a queima de resíduos agrícolas, sobras de vegetação de lavouras como arroz, trigo, cana-de-açúcar e outras lavouras, libera dióxido de carbono, óxido nitroso e metano, o preparo intensivo do solo, dentre outras práticas ofensivas ao meio ambiente (ALBUQUERQUE; ALENCAR; ANGELO, 2020; CARUSO, 2019; SERENO, 2019; SILVA, 2019). A nível global, a agricultura, silvicultura e uso do solo são responsáveis por 18,4% das emissões, enquanto no Brasil 47,92%, conforme dados do Our World in Data em 2020 (RITCHIE; ROSER, 2020). As grandes economias do mundo como China, Estados Unidos e União Europeia contribuíram com 23,7%, 12,9% e 7,4% do total respectivamente. Segundo o National Geographic em 2020, na China, EUA, na Índia e Rússia, pelo menos dois terços das emissões vêm da queima de fósseis, principalmente para geração de energia, transportes e indústria. No Brasil, é o oposto, aproximadamente metade das emissões vem do uso da terra (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020).

As mudanças climáticas estão inclusas nos principais assuntos em nível global (FERREIRA *et al.*, 2014). Em 2015, quase 200 países assinaram o acordo de Paris com o compromisso de conter o acréscimo da temperatura do planeta em até 2%, o que despontou uma grande mudança repentina no mercado de carbono. Há setores como a indústria que apenas emitem, por meio das queimas de combustível fóssil, mas a agricultura tem potencial para contribuir de forma significativa no combate ao aquecimento global, de um modo geral, podem atuar como fonte ou sumidouro de gases, o chamado sequestro de carbono. Os principais gases do efeito estufa,

reconhecidos pelo protocolo de Kyoto são o metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Esses gases, em maior ou menor grau, absorvem a radiação infravermelha quando esta regressa da superfície terrestre para a camada de ozônio, detendo assim o calor decorrente dessa radiação na atmosfera, dando origem ao efeito estufa. (QUINTÃO *et al.*, 2021)

Figura 1 - Emissões brasileiras em bilhões de toneladas de carbono equivalente (GtCO<sub>2</sub>e) ao longo dos anos de 1991 a 2019, mudanças de uso da terra e florestas incluem conversão de florestas em cultivos agrícolas.



Fonte: (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020)

Quando há a substituição da vegetação natural de um ambiente, ocorre um desequilíbrio, como apontado na figura 1, aquela grande e diversificada massa de raízes, extremamente eficientes em aporte de macronutrientes e micronutrientes, de água e matéria orgânica, são perdidas. Em consequência, o carbono armazenado é emitido para a atmosfera, devido as mudanças do uso do solo (CARVALHO *et al.*, 2010). Entretanto, resolver o problema da mudança climática seja complexa, seria muito mais difícil sem a captura e o armazenamento de carbono no solo. A vegetação nativa e as lavouras, absorvem dióxido de carbono da atmosfera, sequestrando quase um terço das emissões globais (SOUZA *et al.*, 2021). Observada a rapidez com que o mundo tem esgotado seu orçamento de carbono a quantidade de  $\text{CO}_2$  que podemos emitir, sem extrapolar o aumento de temperatura de  $1,5^\circ\text{C}$ , precisaremos proteger esse sumidouro e aumentar sua capacidade de absorver carbono (PAIVA; REZENDE;

PEREIRA, 2011). Dentre os gases estufa, o CO<sub>2</sub> é um dos que mais contribui para as mudanças climáticas em nível global (PILLON; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2002). O carbono pode ocorrer nas formas mineral ou orgânica, estando presente no solo, nas rochas, minério, combustíveis fósseis, biomassa vegetal ou no ar. O estoque de carbono do solo é composto por matéria orgânica, decomposição e mineralização, respiração de raízes e respiração da fauna do solo (LOSS, 2011).

O Relatório anual do Observatório do Clima indica que entre 2010 e 2015, o Brasil foi um dos países que mais sofreu perdas significativas em sua cobertura florestal, sendo em 2019, o setor de mudança no uso e cobertura da terra representou a maior fonte de emissões de CO<sub>2</sub> (ALBUQUERQUE; ALENCAR; ANGELO, 2020; ALENCAR *et al.*, 2020; AZEVEDO *et al.*, 2018). Nesse contexto, entra o papel da agricultura, a eficiência agrícola leva a uma baixa emissão de gases estufa e isso pode ser feito em várias etapas do processo produtivo. Do planejamento da lavoura, com preparo do solo, escolha de sementes com alto vigor, levando ao uso consciente de químicos, diminuindo emissão de CO<sub>2</sub> desde a fábrica até a ponta. De tal modo, fazendo melhores escolhas até a pós colheita, há muitas alternativas disponíveis para reduzir a emissão de gases (MEDEIROS; BANDEIRA; SOCORRO, 2019). Atividades humanas, assim como processos naturais de plantas, animais, solo, oceanos ou planícies, também emitem gases para a atmosfera, não há emissão zero (CARUSO, 2019). De algum modo a atividade irá emitir gases poluentes, da produção orgânica de hortaliças, aos cultivos anuais de grãos. No entanto, o ponto chave é a forma de produzir eficientemente, compensando essas emissões (SILVA, 2018).

Atualmente há uma gama enorme de pesquisas na linha, mostrando diversas tecnologias que auxiliam a uma produção rentável, mas que também possam sequestrar carbono e promover a manutenção ou até, em alguns casos a recuperação do solo, da água e do ar (COSTA *et al.*, 2015; DORTZBACH *et al.*, 2015; FAJARDO; TIMOFEICZYK JUNIOR, 2015; FERREIRA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2021; SOARES, 2018). Quando o estoque de carbono final é menor que o inicial há emissões de CO<sub>2</sub>, porém, se o estoque final é maior que o inicial ocorre sequestro de carbono, indicando a incorporação de CO<sub>2</sub> pela sua absorção na biomassa da vegetação (BAYER *et al.*, 2011). Isto é possível com a adoção de práticas sustentáveis de manejo da terra, capazes de manter a fertilidade do solo e minimizar as emissões de GEE (CARVALHO *et al.*, 2010). Com base em pesquisas (ABBRUZZINI, 2011;

BESEN *et al.*, 2018; LANKA, 2020; QUINTÃO *et al.*, 2021), não há necessidade de abrir novas áreas para aumentar a produção e a exportação brasileira, pois já temos alternativas suficientes para se ter aumento de produtividade em um mesmo espaço, com uso de biotecnologias e recuperação de áreas degradadas.

No Brasil, temos a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) que ajudam abundantemente na regulamentação no assunto, antevê que estabeleça Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas dispor-se à implementação de uma economia de baixo consumo de carbono em vários setores da economia, como o da agricultura. Por meio da PNMC, criou-se propostas e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) há 10 anos, cujo objetivo é aprimorar a eficiência no uso de recursos naturais, adicionando resiliência dos sistemas produtivos e das comunidades rurais, como uma tática de adaptação do setor às mudanças climáticas (CARDOSO, 2018). O Plano ABC é regulamentado no Decreto Nº 10.606, DE 22 de janeiro de 2021, e tem por finalidade a organização e o planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário assumidos pelo país (SOUZA *et al.*, 2021).

As iniciativas de empresas privadas, vem ganhando grande espaço o projeto de Carbono da Bayer CropScience, promete revolucionar o setor, a multinacional irá comprar carbono dos produtores rurais brasileiros. Percebe-se cada vez mais que instrumentos que fornecem incentivos econômicos tendem a ser mais eficientes em relação a estratégias punitivas. Contudo, não precisa escolher entre ser produtivo e sustentável (FERNANDES *et al.*, 2021).

## **2.2 Produção sustentável no oeste baiano**

O Cerrado, apesar de ter uma pequena redução da área agrícola em relação ao total no Brasil de 44% em 1994, a 41% em 2016, a expansão da fronteira agrícola na região do Matopiba, na qual a Bahia está incluída (SILVA JÚNIOR, 2019), pressiona a conversão, principalmente, de áreas de vegetação nativa, parte da abertura de novas terras para cultivos decorre da supressão de áreas florestadas e a

região responde por uma parcela importante das emissões do Cerrado (SERENO, 2019).

O Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determina que o Brasil reduza as emissões em 43% até 2030, posicionando o país como sustentável, que preserva florestas, utiliza energias renováveis e mostrou metas ambiciosas nas reduções do efeito estufa, na Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (COP 26). De tal modo, a constatação da MOS em aumentar a aptidão produtiva dos solos, em destaque, em solos tropicais como os nossos, tem impulsionado o aumento de pesquisas visando o melhor entendimento da sua dinâmica, como nosso país é diverso e com várias nuances e especificidades, é preciso validar metodologias específicas (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011). Segundo dados da Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA), o oeste baiano teve uma produção de 6,8 milhões de toneladas de soja na safra 2020/2021. Atualmente é a maior associação de produtores rurais na região, com cerca de 1.300 associados, com uma área com mais de 2.8 milhões de hectares, associada a uma área conservada com vegetação nativa de aproximadamente 4,5 milhões de hectares, incluindo o Instituto AIBA, mostrando que conservar e produzir é possível (AIBA, 2020).

O produtor rural é a peça imprescindível para o êxito das iniciativas de sustentabilidade, pois ninguém como ele conhece a realidade do campo e quais metodologias funcionaram, a ponte entre as universidades com a pesquisa científica, precisa adentrar o campo. Prova de que os olhos do mundo estão atentos a essa nova realidade, recentemente a Land Innovation Found - Fundo Internacional da empresa Cargill, fará investimentos em favor de práticas agrícolas sustentáveis, US\$30 milhões de dólares em projetos de sustentabilidade, na cadeia produtiva da soja, em todo o País (AIBA, 2021). O uso eficiente do solo é uma questão chave para a produção sustentável de soja no estado, de tal modo, reduzir a emissão de carbono no ciclo produtivo é fundamental para a conservação do bioma Cerrado, abordagens que incentivem produtores a conservar as vegetações nativas em suas reservas, usar práticas conservacionistas na safra (FREITAS *et al.*, 2021).

Há iniciativas também com apoio da Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento (Norad), mediano pela Iniciativa Internacional Norueguesa de Clima e Florestas (NICFI), fizeram uma parceria com a AIBA, por meio da

Fundação Solidaridad e estão promovendo uma solução inovadora para medir o balanço de carbono e estimular melhores práticas agrícolas no Oeste da Bahia. Procederá em uma calculadora de estimativa de balanço de carbono integrante do Sistema de Informações de Meio Ambiente do Oeste da Bahia (SIMA). O balanço negativo de carbono é vantajoso tanto para os agricultores quanto para a manutenção dos recursos naturais da região e do equilíbrio do clima. Todos esses projetos que não ficam reclusos aos muros da universidade e chegam na ponta, em quem realmente coloca em prática, irá informá-los sobre como suas práticas atuais funcionam, o quanto emitem, que toda ação dentro da porteira influencia nas emissões de carbono (AIBA, 2021).

### **2.3 Matéria orgânica do solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) é estimada como todo material ao longo do perfil do solo que há carbono orgânico, incluindo os micro-organismos, resíduos de plantas e animais em estágios diferentes de decomposição, incluindo a biomassa microbiana, as raízes e húmus (STEVENSON, 1994). Sabe-se que o solo contém o maior reservatório de carbono da superfície terrestre, e que é dinâmico, podendo alterar em decorrência de práticas de manejo, assim, a MOS é dividida em matéria orgânica leve, biomassa microbiana, substâncias não húmicas e substâncias húmicas (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015; GAZOLLA, 2011; GIONGO *et al.*, 2021).

A fração leve da matéria orgânica é considerada de rápida labilidade no solo, desta forma, sua manutenção é imprescindível para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que representa, em curto e médio prazos, alto potencial para ciclagem de nutrientes (GUARESCHI; PEREIRA, 2013). Enquanto, as substâncias húmicas (SHs) ocorrem de matéria orgânica no estágio avançado de decomposição, que no processo entra em decomposição, mineralização, atingindo o estágio avançado da humificação, dando origem aos ácidos húmicos e fúlvicos, e a humina (ROSSI, 2009). Já a biomassa microbiana, é composta da matéria orgânica viva, sendo o agente com maior responsabilidade na decomposição dos resíduos orgânicos e ciclagem de nutrientes para as plantas (REIS *et al.*, 2019).

A MOS é a principal fonte de carbono (C) para os micro-organismos, porém, nem todo C da matéria orgânica é transformado em célula microbiana, a maioria se

perde na forma de CO<sub>2</sub> decorrente de sua mineralização (SÁ, 2001). O ciclo de decomposição da MO pode ser rápido, como é o caso de solos bem drenados, arejados e pouco ácidos, ou, muito lento, nos solos com excesso de água ou ácidos (EGEWARTH, 2020).

A dinâmica da MOS é promovida principalmente pela adição de resíduos orgânicos diversos e pela contínua transformação destes sob ação dos fatores físicos, químicos, biológicos, climáticos e do uso e manejo da terra (FLORENCE *et al.*, 2021). A produtividade biológica das plantas e as condições edafoclimáticas condicionam a quantidade de C adicionada ao solo em sistemas agrícolas. Após a deposição de resíduos vegetais ao solo, os mesmos, são atacados inicialmente pela fauna do solo e em seguida pelos micro organismos decompositores, sendo os compostos orgânicos fonte de carbono e energia para o metabolismo destes. Grande parte do carbono é perdida para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, sendo que apenas uma pequena parte dos produtos resultantes da decomposição é convertida a substâncias húmicas. As adições de C dependem da quantidade de resíduos vegetais aportados ao solo, e as perdas do mesmo estão ligadas a ação da atividade microbiana e dos processos de lixiviação de compostos solúveis (DIONIZIO *et al.*, 2020).

A MOS também atua na parte biológica do solo, como os micro-organismos desempenham um papel crucial na decomposição do material orgânico como transformação C orgânico a C húmus, N orgânico a N mineral, P inorgânico para P solúvel deixando os nutrientes de forma assimilável para as plantas. Portanto, auxilia na agregação de solos por meio das hifas, promovendo um incremento no teor de C no solo, garantindo uma proteção física (GONÇALVES; SANTANA, 2019). Aumenta a formação dos biopóros, incorporação dos ácidos orgânicos (SOUZA, 2014). Assim, os micro-organismos, em particular, a biomassa microbiana do solo tem um papel vital na regulação nas transformações de matéria em energia, podendo ser considerada fonte ou um dreno destes processos, afetando diretamente o ciclo dos nutrientes. Deste modo, pode sumarizar-se que os efeitos da MO sobre as características e atributos biológicos do solo está relacionado com o fornecimento de C, energia e nutrientes para os micro-organismos. Em solos de baixa qualidade nutricional ou na presença de fatores estressantes aos micro-organismos pH, deficiências nutricionais, presença de metais pesados, a biomassa microbiana torna-se incapaz de utilizar

totalmente o carbono orgânico e, nesse caso, as relações C microbiano e C orgânico diminuem (ZILLI *et al.*, 2003).

O efeito da agricultura sobre a biodiversidade do solo interfere na regra básica do sistema do solo a heterogeneidade, diminui a diversidade taxonômica e metabólica do solo nos grupos e funções, reforça a importância das práticas conservacionistas promoção da diversificação ambiental (MAIA; PARRON, 2015; ROCHA, 2021). O sistema simplificado seria a monocultura, pouca rotação de culturas, pouco resíduo adicionado, redução da MOS, compactação do solo, baixa biodiversidade do solo, baixa resistência e resiliência das plantas, já o sistema complexo, com o maior número de raízes no solo, por meio de rotação de culturas, plantas de cobertura na entressafra, elevando a quantidade de MOS e favorecendo a biologia do solo melhorando a saúde das plantas, melhora condição climática, e a purificação da água. Ressaltando, que os atributos biológicos de solo são os mais sensíveis indicadores para a avaliação da qualidade do sistema (TONON; BORSZOWSKI, 2020).

Na física do solo, há várias constatações na literatura afirmando que o aumento do teor de MO, melhora a qualidade do solo, aumentando a estabilidade dos agregados do solo e outras características físicas decorrentes da agregação, tais como densidade, porosidade do solo, aeração, as capacidades de infiltração, de retenção e de percolação de água, entre outras (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014; COSTA; MACHADO; *et al.*, 2020; ROSCOE; MACHADO, 2002). A formação dos agregados ocorre pelas forças físicas envolvidas nos ciclos de umedecimento e secagem do solo e pela ação de compressão do sistema radicular das plantas, posteriormente, atuando como um dos fatores determinantes na estabilização destes agregados, em decorrência das ligações químicas entre os compostos da MO e partículas minerais do solo (GIÁCOMO *et al.*, 2015). A importância da MO na estabilidade dos agregados é dependente principalmente da textura e mineralogia do solo, sendo mais significativa em solos com maior grau de intemperismo e de textura arenosa (ANSCHAU, 2018).

Na química do solo a MOS atua na disponibilidade de nutrientes para as culturas, a CTC e a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, fundamentais em solos tropicais, altamente intemperizados e ácidos (ANDRADE, 2021). Assim, a MO é acatada como uma fonte fundamental de nutrientes as plantas, disponibilizando elementos essenciais tais como nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S), por serem estes nutrientes seus constituintes principais. No entanto, a

mineralização também é responsável pela redução do estoque de MO no solo (ARAÚJO *et al.*, 2020). A influência da MO sobre a CTC do solo, e conseqüentemente, em outras características químicas do solo relacionadas ocorre pela geração de cargas provenientes da MO mais humificada, denominada de substâncias húmicas (CIOTTA *et al.*, 2003). Estas apresentam alta superfície específica comparada com as argilas dos solos de regiões tropicais e subtropicais, constituídos principalmente por óxidos de ferro Fe e Al, cujas superfícies possuem baixa concentração de grupos funcionais de carga negativa (CUNHA *et al.*, 2001; CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). Ainda devido ao seu efeito na CTC, a MO aumenta o poder tampão do solo devido à presença de ácidos fracos presentes o que minimiza as variações na reação do solo (FILHO; SILVA, 2002).

Os processos de aração aceleram a taxa de decomposição da matéria orgânica, pois, as moléculas de oxigênio ( $O_2$ ) favorecem a atuação dos microrganismos conseqüentemente a decomposição (BALDOTTO *et al.*, 2015). Ao se realizar a aração o solo é exposto ao oxigênio de forma mais ampla, tendo em vista que o oxigênio passa a ocupar as camadas internas do solo, fazendo com que maior área superficial do solo esteja exposta ao oxigênio do ar (CAETANO *et al.*, 2020). As condições aeróbicas estão ótimas para os microrganismos, na presença de oxigênio vai haver maior oxidação enzimática por parte dos microrganismos liberando  $CO_2$  (CUNHA *et al.*, 2001). Assim, a principal desvantagem do sistema convencional, onde as pesquisas mostram que na presença de oxigênio vai haver maior oxidação enzimática, que tem um papel fundamental no processo de oxidação e na decomposição (MELO *et al.*, 2016). A influência dos diferentes sistemas produtivos e respectivas técnicas possuem um papel relevante tanto na emissão como no sequestro dos gases de efeito estufa, pesquisas demonstraram que o preparo convencional, práticas de irrigação inadequadas, desmatamento, fertilização desbalanceada, áreas degradadas, monocultivo, tratamento inadequado dos dejetos animais, solo descoberto e processos microbianos levam a maiores taxas de emissão de carbono para atmosfera e a redução gradativa dos níveis de carbono no solo com o passar do tempo, como solução a adoção sistemas conservacionista como o sistema de plantio direto (DIAS *et al.*, 2019; QUINTÃO *et al.*, 2021; REIS *et al.*, 2019).

## 2.4 Substâncias húmicas

As substâncias húmicas (SHs), constituintes de 70 a 80% da MOS na maioria dos solos, compostas pelas frações de ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM), determinadas com base na solubilidade em meio ácido ou alcalino. Deste modo, são as frações mais estáveis da MOS, podem ser entendidas como decorrência das modificações químicas e biológicas dos restos vegetais e animais, assim como da atividade dos micro-organismos do solo. Os estudos das SHs são por metodologias de extração, fracionamento e purificação até a caracterização por métodos espectroscópicos (STEVENSON, 1994).

As hipóteses da origem das substâncias húmicas se resumem em dois tipos de abordagem, onde uma leva em consideração a despolimerização de biopolímeros que favorece a formação de matéria orgânica humificada, a teoria clássica da decomposição da lignina e suas alterações posteriores. A outra leva em consideração a polimerização de moléculas de pequeno tamanho a teoria dos polifenóis, que são liberadas durante a decomposição dos resíduos orgânicos. Entretanto, podemos dividir em quatro teorias, a primeira é a teoria da lignina, na qual lignina seria incompletamente degradada, passando a fazer parte das substâncias húmicas. O produto inicial seria a humina, após sofrer oxidações, forma ácidos húmicos e que por sua vez, forma os ácidos fúlvicos, sendo que essa rota ocorre em solos mal drenados e em ambientes edáficos restritivos a atividade microbiana em regiões frias. A segunda e a terceira se permutam, a teoria dos polifenóis, aqui a lignina é completamente degradada, liberando ácidos que se convertem em quinonas, depois origina a substâncias húmicas. A terceira muda um detalhe que os polifenóis são oriundos de fontes que não contém lignina, na qual, ocorre em solos florestais em drenados onde resíduos lenhosos com maior teor de compostos aromáticos são depositados. A quarta consiste na teoria de Maillard, nela as substâncias húmicas são formadas a partir da redução de açúcares e aminoácidos, ácidos do metabolismo microbiano, que passam por polimerização, formando polímeros nitrogenados, neste, ocorre em solos que favorecem a flutuação de umidade e temperatura. Atualmente existe um consenso no meio científico de que as substâncias húmicas são formadas por produtos de decomposição de resíduos vegetais e microbianos, que podem ser

associados a micelas supramoleculares (MIRANDA *et al.*, 2018; MORAES, 2018; PFLEGER; CASSOL; MAFRA, 2017; SÁ, 2020).

A humina é a fração mais estável, insolúvel em meio alcalino e meio ácido, possui insensibilidade em meio aquoso, elevada hidrofobicidade, intensa interação com os componentes inorgânicos, além disso contendo compostos lipídicos, estruturas de carboidratos e aromáticos em diferentes proporções (EBELING *et al.*, 2011). Foram observadas baixa acidez em comparação aos AF e AH, mostrando forte associação com os minerais, ocasionando insolubilidade em meio aquoso alcalino (STEVENSON, 1994). A insolubilidade da humina pode ser fundamentada pela adsorção ou ligação a constituintes inorgânicos do solo (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011). Os ácidos húmicos (AH) são menos estáveis, caracteriza por serem solúveis em meio alcalino e insolúveis em meio ácido diluído, possuem coloração escura, compostas por macromoléculas de massa molecular elevada, desenvolvidas por meio de reações de síntese secundárias de resíduos orgânicos de plantas, animais e micro-organismos (BESEN *et al.*, 2018; FONTANA, 2009; PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011; SÁ, 2020). Os ácidos fúlvicos também são menos estáveis em relação a humina, pela sua maior solubilidade e mobilidade no solo. Os AF são solúveis em meio alcalino e em ácido diluído, constituídos, basicamente por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos, que possui uma maior reatividade, que os AF e AH pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos (SOARES, 2021).

Conforme (STEVENSON, 1994), as substâncias húmicas são quimicamente semelhantes, mas podem ser distinguidas umas das outras pela cor, massa molecular, presença de grupos funcionais, grau de polimerização e teores de C, O, H, N e S. Adicionalmente, as SHs melhoram a estrutura do solo, aumentam a produtividade e a qualidade dos cultivos, disponibilizam fósforo adsorvido na fração argila, aumentam a superfície específica, a CTC e o efeito tampão, dando maior estabilidade ao solo e atuam como reservatório de N, P, S e micronutrientes. Neste contexto, as SHs são, portanto, importantes reguladores funcionais dos processos químicos e biológicos do solo e das plantas, representando, por isso, um forte fator para a sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (CARVALHO *et al.*, 2010; CLEMENTE *et al.*, 2018; LOPES *et al.*, 2014; SILVA JÚNIOR, 2019).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área de estudo

O trabalho foi conduzido em propriedade rural de cultivo agrícola, no Perímetro Irrigado Barreiras Sul, na Área Experimental de Agronomia do Centro Universitário São Francisco de Barreiras (UNIFASB), no município de Barreiras, localizado no oeste da Bahia, com altitude de 763 m, cujas coordenadas geográficas constam na Tabela 1. A precipitação anual é superior a 1.000 mm e a evapotranspiração anual se situa entre 1.400 mm e 1.600 mm, com o período chuvoso entre outubro e março e período seco entre abril e setembro (BORGES; LACERDA, 2015). Os solos das áreas comerciais em estudo, são classificados como Latossolos amarelo, sendo os solos profundos, bastante intemperizados, pobres em saturação por bases e matéria orgânica (EMBRAPA, 1999).

Foram estudados cinco diferentes usos do solo, com exploração de culturas anuais, frutíferas, olerícolas, pastagem em comparação ao cerrado nativo.

Tabela 1 - Descrição do histórico de cultivo da área de estudo.

Áreas:	Coordenadas:	Históricos das áreas:
Culturas Anuais (CA)	Latitude: S 12°10'31,55448" Longitude: W 45°0'47,99556" Altitude: 447	Manejo convencional, ocupadas há 5 anos com rotação de culturas de milho ( <i>Zea mays</i> ), soja ( <i>Glycine max</i> ), sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ), feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) e mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ) irrigados. Adubações anuais com super simples e cobertura com ureia.
Frutíferas (FR)	Latitude: S 12°10'29,912016" Longitude: W 45°0'49,54608" Altitude: 447	Ocupadas há mais de 20 anos, com a cultura do mamão ( <i>Carica papaya</i> ) irrigado. Adubações com super fosfato simples e esterco.
Olerícolas (OL)	Latitude: S 12°10'29,58816" Longitude: W 45°0'49,34988"	Ocupadas há 10 anos com as culturas de cebolinha ( <i>Allium schoenoprasum</i> ), alface

	Altitude: 447	( <i>Lactuca sativa</i> ), abóbora ( <i>Cucurbita</i> ), couve ( <i>Brassica oleracea</i> ) e rúcula ( <i>Eruca vesicaria ssp. sativa</i> ) irrigadas. Adubações com esterco e ureia. Aplicações de super simples.
Pastagem (PA)	Latitude: S 12°10'27,09948" Longitude: W 45°0'51908" Altitude: 447	Manejo convencional, ocupadas há 10 anos, com 20 gêneros de forrageiras: como <i>cynodon dactylon</i> (Coast Cross, Tifton 85), <i>brachiaria sp.</i> (Mg4, Ruzizienses, Piatã, convert, Decunbens, Dictioneura, Marandú, Urocloa, MG5), <i>panicum maxinun</i> (Massai, Miagui, Mombaça, BRS Zuri, Tanzania, Tamani), <i>digitaria decubens stent.</i> (Pangola), <i>cenchrus ciliares</i> (Bufeel), <i>andropogon gayanus</i> (andropogon). Irrigado por 1 ano e o restante sequeiro. Sem adubação.
Cerrado Nativo (CN)	Latitude: S 12°17'5640 Longitude: W 45°0'14670 Altitude: 447	Composta por plantas de porte arbóreo e arbustivo-arbóreo. Sem ação antrópica.

Fonte: Autoria própria.

### 3.2 Amostragem do solo

As coletas foram realizadas durante os meses de dezembro a janeiro na safra 2019/2020, e entre fevereiro e março de 2021. Nas cinco áreas foram demarcados pontos distanciados, identificados “*in situ*” um ponto de coordenadas geográficas com o uso de um GPS (Tabela 1). Foram coletadas amostras compostas, reunindo várias amostras simples, escolhidas ao acaso dentro da gleba uniforme, com auxílio de trado inox tipo caneco nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm.

Posteriormente foi homogeneizado em um balde de plástico limpo, e separadas 250 g de solo. Assim, foram coletadas quinze amostras simples para se fazer uma amostra composta, caminhando em zigue-zague de forma a percorrer toda a área ao acaso (FILIZOLA; GOMES; DE SOUZA, 2006). Para a coleta das amostras indeformadas foram considerados uma amostra simples nas mesmas profundidades de estudo, utilizando anel volumétrico, para análise de densidade. Assim, as amostras foram armazenadas e identificadas para posterior análises.

Os materiais foram transportados para o Laboratório de Física e Química do Solos, localizado no Campus IX no Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), onde as amostras deformadas foram secas ao ar ou estufa (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 de análises químicas do solo (pH, Ca, Mg, K, P, S), seguindo metodologia da (EMBRAPA, 2017). Posteriormente foram preparadas as amostras para o fracionamento químico e carbono orgânico total.

Tabela 2 - Caracterização química das áreas na profundidade de 0-20 cm.

Análises Químicas	Unidades	Profundidade	Sistemas				
			CN	PA	FR	OL	CA
pH	H <sub>2</sub> O	0 – 20cm	6,35	6,51	6,31	6,8	6,76
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>			12,2	4,1	8,2	7	7,1
Ca <sup>2+</sup>			7,9	3,3	7,4	6,1	6,5
Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> /		1,82	1,65	0,66	1,16	1,16
Al <sup>3+</sup>	dm <sup>3</sup>		0	0	0	0	0
K <sup>+</sup>			0,590	0,331	0,518	0,417	0,388
Na <sup>+</sup>			0,26	0,15	0,26	0,26	0,2
P (Mel)	mg/dm <sup>3</sup>		4,2	11,67	20,21	9,69	14,75
CTC			14,87	6,23	9,64	8,83	8,85
Sat. Bases	%		87,79	73,5	93,15	86,92	86,94
Ca / Mg			1,84	4,13	9,25	6,78	10,83

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Análise de granulometria das áreas de cerrado nativo (CN), pastagem (PA), frutíferas (FR), olerícolas (OL) e culturas anuais (CA) na profundidade de 0-20 cm.

Trat.	Profundidade	Áreas	Areia	Argila	Silte	Classe Textural
-------	--------------	-------	-------	--------	-------	-----------------

	cm		%			
<b>CN</b>		1	56	19,73	24,27	Franco
<b>PA</b>		2	79,13	8,14	12,73	Franco Arenoso
<b>FR</b>	0 - 20	3	68,4	15,2	16,4	Franco Arenoso
<b>OL</b>		4	66,62	15,68	17,7	Franco Arenoso
<b>CA</b>		5	70,53	16,75	12,72	Franco Arenoso

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 Densidade do solo

Foram realizadas a determinação da densidade do solo segundo (EMBRAPA,2017) visando medir a densidade média de um volume conhecido de solo, estando a densidade relacionada com a porosidade total e com a composição orgânica e mineralógica média do solo. A determinação da densidade do solo envolve duas etapas, sendo a obtenção da massa da amostra por pesagem e a determinação de seu volume. O volume obtido por meio da coleta de amostra com cilindro de volume conhecido, adequadamente amostrado com sua estrutura preservada (EMBRAPA, 2017).

A massa da amostra foi obtida por meio de sua pesagem após secagem em estufa, e o volume, por meio da medida do volume interno do cilindro metálico utilizado na coleta ou por meio da medida do volume do líquido deslocado pelo torrão parafinado ou monolito impermeabilizado. Os materiais utilizados foram o cilindro (anel) volumétrico de 100 cm<sup>3</sup>, paquímetro, balança com capacidade para 200 g e com precisão de 0,01 g, estufa com ajuste de temperatura para 105°C.

Coletou - se a amostra com o uso de cilindro metálico, com bastante cuidado, evitando a compactação do solo no interior do cilindro, por meio da escavação do solo ao redor do cilindro, na medida em que ele é inserido no solo. Medimos e anotamos em triplicata as dimensões do cilindro que contém a amostra usando um paquímetro. Com esses dados, calculou - se o volume do cilindro. Removeu-se a amostra do cilindro e transferiu para o recipiente numerado e de massa conhecida. E secou em estufa a 105 °C por 48 horas, retirou - se, deixou - se esfriar em dessecador e pesou em seguida o conjunto. Os cálculos realizados foram:

Equação 1

$$D_s = \frac{m_a}{V}$$

Em que:

$D_s$  – Densidade do solo, em  $\text{kg dm}^{-3}$  (equivalente a  $\text{g cm}^{-3}$ )

$M_a$  – Massa da amostra de solo seco a  $105^\circ\text{C}$  até peso constante, em g.

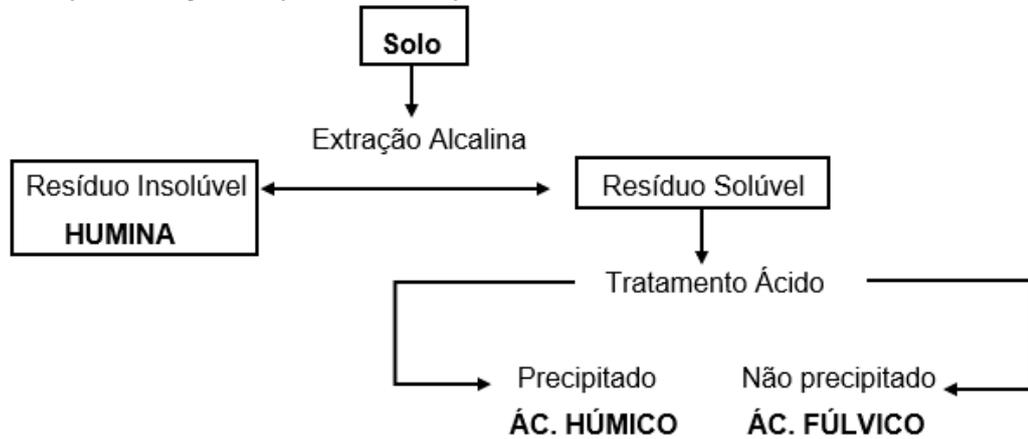
$V$  – Volume do cilindro, em  $\text{cm}^3$ .

### 3.4 Fracionamento químico

O fracionamento em base de solubilidade das soluções aquosas oferece informação útil sobre a matéria orgânica, entretanto, a interpretação dos resultados deve ser feita levando em consideração os avanços recentes na caracterização da matéria orgânica. Assim, as avaliações e estudos das frações húmicas têm sido utilizados na avaliação da mudança de manejo, uso ou da qualidade do ambiente. Essas avaliações tem por base a distribuição das frações húmicas a partir do teor de carbono das frações, ou ainda derivado o percentual em relação ao carbono orgânico e as razões entre frações.

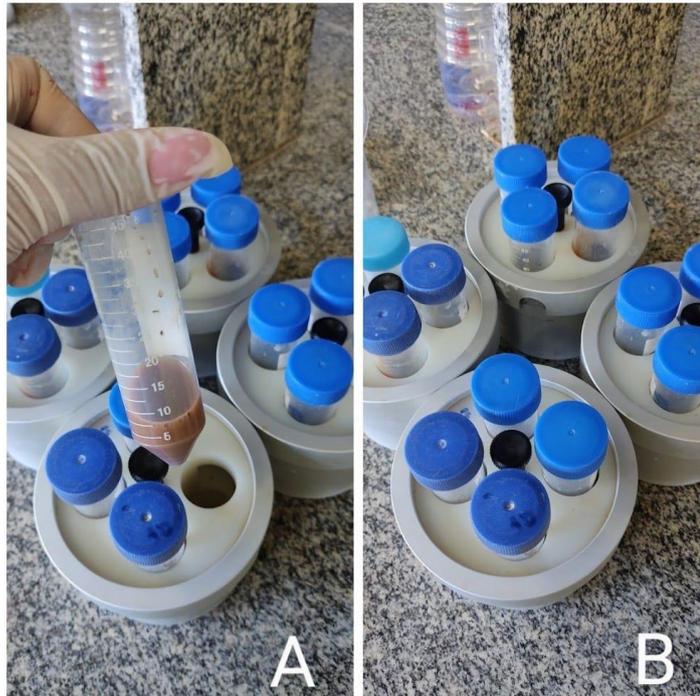
O fracionamento consistiu na obtenção de três frações, as quais definidas operacionalmente em relação à solubilidade em função do pH da solução extratora (base ou ácido) e os resíduos da fração ácido fúlvico, fração ácidos húmicos e fração humina. Como definição geral, a fração de ácidos fúlvicos apresentam cor amarelo-parda, e é solúvel em qualquer valor de pH da solução, a fração de ácidos húmicos, de cor castanho-escuro, está solúvel em meio alcalino e insolúvel em meio ácido diluído, e a fração humina representa o resíduo insolúvel que permanece como precipitado, demonstrado na figura 2 (STEVENSON, 1994).

Figura 2 - Representação esquemática do procedimento de Fracionamento Químico da MOS.



Fonte: Adaptado (BENITES *et al.*, 2017; STEVENSON, 1994).

Figura 3 – A e B amostras de solo em tubetes de 50mL com solução de Hidróxido de Sódio em repouso por 24h, prontas para Centrifugação para posterior separação da fração humina, das frações dos ácidos fúlvicos e húmicos, Laboratório de Física dos solos na UNEB, Barreiras/BA, 2021.

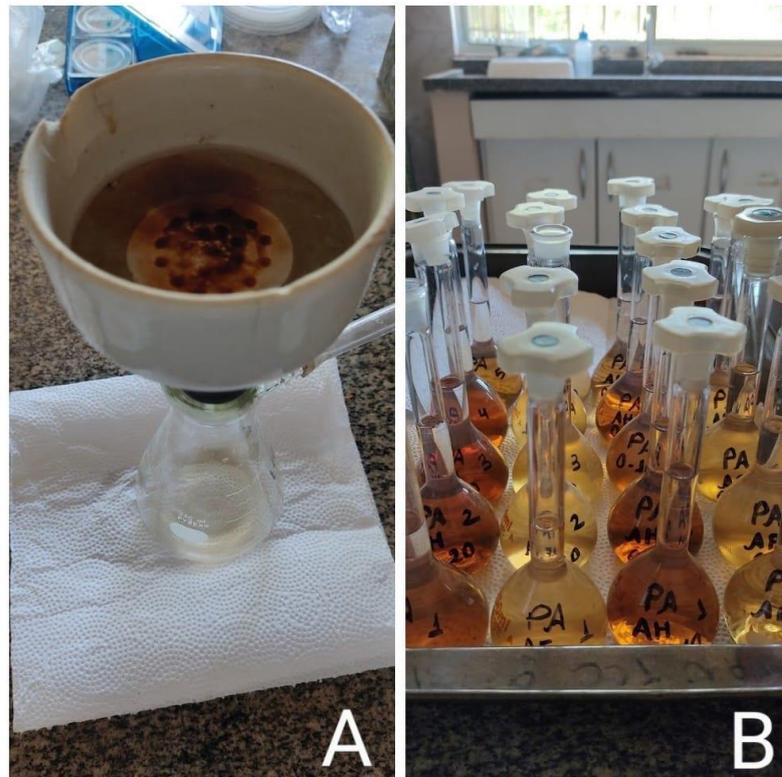


Fonte: autoria própria.

A quantificação do carbono orgânico nas frações húmicas foi feita em alíquotas ou no resíduo a partir da digestão com a solução de dicromato de potássio e o ácido sulfúrico concentrado, seguindo com a titulação com o sulfato ferroso amoniacal. No fracionamento químico da MOS foram determinadas através da extração das substâncias húmicas. Para avaliar a qualidade da matéria orgânica, foram utilizados

o método de extração e fracionamento quantitativo de substâncias descrito por (BENITES *et al.*, 2017). Com base na solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meios alcalino e ácido, foram determinados os teores de carbono associados à fração ácidos húmicos (AH), ácidos húmicos (AF) e a humina (HUM).

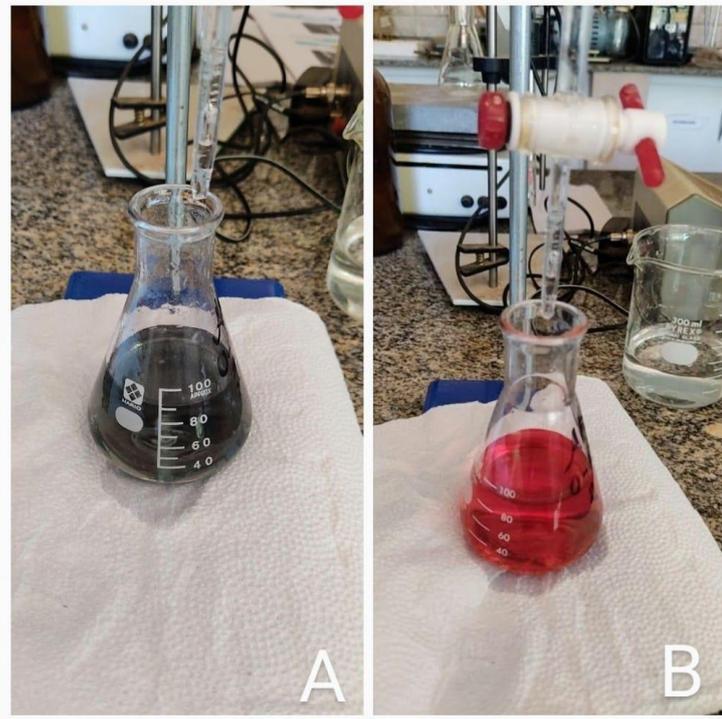
Figura 4 - Filtragem dos ácidos fúlvicos e húmicos na figura A, e na figura B as frações separadas o mais escuro o AH e o mais claro o AF, Barreiras/BA, 2021.



Fonte: autoria própria.

Dentre os diversos métodos de fracionamento químico citados na literatura, neste trabalho utilizou-se um procedimento simplificado e de fácil execução, o qual foi proposto anteriormente por (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003). Alguns ajustes em relação ao método foram feitos considerando o melhor desenvolvimento e rendimento laboratorial. A obtenção dessas razões possibilita fazer comparações quantitativas e inferir sobre a qualidade da matéria orgânica do solo. É possível avaliar os padrões entre amostras de solo e também dentro de um solo em profundidade.

Figura 5 - Titulação de Dicromato de Potássio em Sulfato Ferroso Amoniacal na figura A ainda verde, e a B com a amostra depois de viragem na cor vermelho vinho no ponto final de titulação, no Laboratório de Química dos solos na UNEB, Barreiras/BA, 2021.



Fonte: autoria própria.

As determinações foram processadas nos Laboratórios de Química e Física do solo na UNEB, Campus IX. Em seguida foram tabulados os dados por meio do programa Microsoft Excel, utilizando as seguintes equações, segundo (EMBRAPA, 2017):

Fator de correção do Volume de Sulfato Ferroso Amoniacal titulado:

Equação 2

$$F_c \text{ (mL)} = \frac{(Bq - SFA) \times (Bf - Bq)}{(Bf)} \times (Bq - SFA)$$

Onde:

Fc: Fator De Correção Do Sulfato Ferroso Amoniacal Titulado – mL.

Bq: Titulação Padrão Com Aquecimento – Branco Quente – mL.

Bf: Titulação Padrão Sem Aquecimento – Branco Frio – mL.

SFA: Volume De Sulfato Ferroso Amoniacal Na Titulação – mL.

Da fração humina:

Equação 3

$$FH (mg) = \frac{Fc \times SFA \times 0,003 \times 100}{s} \times 10$$

Em que:

FH: fração humina – mg g<sup>-1</sup>.

Fc: fator de correção.

SFA: Volume de sulfato ferroso amoniacal consumido na titulação – mL.

s: peso da amostra do precipitado (humina) – g.

Da fração dos ácidos húmicos:

Equação 4

$$FAH (mg) = \frac{\left(\frac{Fc \times Nsfa \times 0,003 \times 100}{VDP}\right) \times Vext}{s} \times 10$$

Em que:

FAH: Fração de Ácidos Húmicos – mg g<sup>-1</sup>.

Fc: Fator de Correção.

Nsfa: Normalidade do Sulfato Ferroso Amoniacal Utilizado na Titulação – N.

VDP: Volume de Dicromato de Potássio Utilizado na Digestão – mL.

Vext: Volume do Extrator Utilizado Na Digestão – mL.

s: Peso da Amostra de Solo inicial – g.

Da fração dos ácidos fúlvicos:

Equação 5

$$FAF (mg) = \frac{\left(\frac{Fc \times Nsfa \times 0,003 \times 100}{VDP}\right) \times Vext}{s} \times 10$$

Em que:

FAF: Fração de Ácidos Fúlvicos – mg g<sup>-1</sup>.

Fc: Fator de Correção.

Nsfa: Normalidade Do Sulfato Ferroso Amoniacal Utilizado na Titulação – N.

VDP: Volume de Dicromato de Potássio Utilizado na Digestão – mL.

Vext: Volume do Extrator Utilizado na Digestão – mL.

s: Peso da Amostra de Solo inicial – g

### 3.5 Carbono orgânico total

Na determinação do carbono orgânico total (COT), em solo via úmida pela oxidação com o dicromato de potássio, apenas aquele proveniente de materiais orgânicos facilmente oxidáveis ou decomponíveis é quantificado, sendo discriminado o oriundo de compostos carbonáticos ou recalcitrantes como o carvão. No método via úmida, a matéria orgânica do solo é oxidada com uma mistura de dicromato de potássio. O calor desprendido do ácido sulfúrico concentrado e de uma fonte externa (como o aquecimento em placa aquecedora ou bloco digestor) é usado como fonte de energia para catalisar a reação de oxidação. Durante a oxidação da matéria orgânica, assume-se que o dicromato reduzido na reação equivale ao carbono orgânico da amostra. Como se trata de uma reação de oxirredução, a estequiometria contabiliza o número de elétrons transferidos, a valência média da matéria orgânica do solo é próxima a zero e, ao final da reação, todo o carbono oxidável será transformado em CO<sub>2</sub> (EMBRAPA, 2017).

As determinações ocorrem indiretamente em função da reação do carbono presente nos compostos orgânicos com o dicromato de potássio. O cálculo do teor de COT é efetuado pelo volume de dicromato de potássio utilizado na oxidação da matéria orgânica, o qual é obtido pela diferença entre o volume de uma prova em branco e da amostra pela titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal.

As amostras foram pesadas, e secas em estufa com ventilação de ar, na temperatura de 50°C até peso constante e após a secagem, as amostras foram moídas em gral de porcelana para posterior determinação do carbono orgânico total seguindo a metodologia conforme o Manual de Análises de Solos da EMBRAPA (EMBRAPA, 2017). As análises de COT serão obtidas por meio da oxidação da matéria orgânica do solo com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico e aquecimento em bloco digestor a 150°C por 30 minutos. Após o processo de digestão ácida, o dicromato de potássio será determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal.

As determinações foram processadas nos Laboratórios de Química e Física do

solo na UNEB, Campus IX, em Barreiras - BA. Em seguida foram tabulados os dados por meio do programa Microsoft Excel, utilizando as seguintes equações, segundo (EMBRAPA, 2017).

Do Carbono Orgânico Total Do Solo:

Equação 6

$$COT (\%) = \frac{Fc \times SFA \times 0,003}{s} \times 10$$

Em que:

COT: carbono orgânico total do solo - %.

Fc: fator de correção.

SFA: Volume de sulfato ferroso amoniacal consumido da amostra – mL.

s: peso da amostra de solo - g.

Da Matéria Orgânica Do Solo:

Equação 7

$$MOS (\%) = COT \times 1,724$$

Em que:

MOS: teor de matéria orgânica o solo - %.

COT: carbono orgânico total do solo - %.

1,724: constante utilizada considerando que a MO contém 58% de C médio.

Do Cálculo da Quantidade ou Acúmulo da MOS:

Equação 8

$$QMOS = Ds \times h \times MOS \times 10$$

Em que:

QMOS: quantidade de MOS – t ha<sup>-1</sup>.

Ds: densidade do solo – g.cm<sup>-3</sup>.

h: espessura da camada do solo – cm.

MOS: teor de matéria orgânica do solo – dag.kg<sup>-1</sup> (%).

Do Cálculo Para Crédito De Carbono:

Equação 9

$$CCeq (t. ha - 1) = \frac{QMOS \times (0,58) \times (0,044)}{0,012}$$

Em que:

CCeq: créditos de carbono equivalente – t ha<sup>-1</sup>.

QMOS: quantidade de MOS - t ha<sup>-1</sup>.

(0,58): considera que em 100g de MOS tem 58g de C – adimensional.

(0,044): se relaciona ao peso molar de CO<sub>2</sub> – kg.

(0,012): se relaciona a massa atômica do C – kg.

### 3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial com 2 fatores, 5x2 (formas de uso do solo e duas profundidades), considerando cada mini perfil uma pseudo-repetição, totalizando cinco pseudo-repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ainda, foram feitas o teste de correlação de Pearson para verificar possíveis relações entre os teores de carbonos orgânicos e as frações ácido húmico, ácido fúlvico e humina. Para as análises, utilizou-se o programa R (R. CORE TEAM, 2018).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Carbono orgânico total e matéria orgânica do solo

As áreas avaliadas apresentam diferenças estatísticas significativas entre as variáveis COT e MOS, em todas formas de uso e nas profundidades analisadas (Tabela 4 e Tabela 5). Observa-se variações nos teores de COT no ano 2019/2020, na camada de 0 -10 de 6,43 g kg<sup>-1</sup> na área de CA a 19,26 g kg<sup>-1</sup> na área de FR. Na camada 10 - 20 variou de 4,61 g kg<sup>-1</sup> na área de PA a 13,46 g kg<sup>-1</sup> na área de CN, mostrando que o COT decresce de forma significativa em profundidade. A área FR apresentou 3,13% e 1,47% de MOS nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, uma área que tem mais de 20 anos de cultivo de frutíferas, com pouco revolvimento do solo, resultado semelhante encontrado por (PINTO *et al.*, 2020), em área de bananeira.

A área de culturas anuais (CA) e pastagem (PA), apresentaram os menores valores médios de COT, caracterizando áreas com manejo convencional. Entretanto, resultado oposto que encontrado por (FERREIRA *et al.*, 2019), na qual houve aumento nos teores e os estoques de carbono orgânico total, justificando que as gramíneas apresentam uma maior relação C/N, o que acarretara uma decomposição mais lenta do resíduo e o que favorece o aumento dos teores de C.

Quanto a área CN apresentou 2,83% e 2,31% de MOS nas profundidades, 0-10 e 10-20, respectivamente. A área OL apresentou 2,05% e 1,97% de MOS nas profundidades. A área CA apresentou 1,09% e 1,05% de MOS nas profundidades, área com culturas anuais com mais de 5 anos, sob manejo convencional, com práticas de aração. A área PA apresentou teores com 1,27% e 0,79% de MOS nas profundidades, essa área com mais de 10 anos de uso, sob manejo convencional.

Tabela 4 - Valores médios de carbono orgânico total (COT) e teor de matéria orgânica do solo (MOS), em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano 2019/2020.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 - 10	10 - 20
	<b>COT g kg<sup>-1</sup></b>	
CA	6,43 Ae	6,16 Ad
PA	7,41 Ad	4,61 Be
OL	11,96 Ac	11,50 Ab

CN	16,47 Ab	13,46 Ba
FR	19,26 Aa	8,61 Bc
DMS (5%)	0,85	0,85
CV (%)	4,49	4,49
<b>MOS %</b>		
CA	1,09 Ae	1,05 Ad
PA	1,27 Ad	0,79 Be
OL	2,05 Ac	1,97 Ab
CN	2,83 Ab	2,31 Ba
FR	3,13 Aa	1,47 Bc
DMS (5%)	0,14	0,14
CV (%)	4,53	4,53

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

COSTA, *et al.*, (2020); RUFINO, (2018); SILVA, (2013) afirmaram que, dependendo do tipo de uso do solo, o teor de C pode ser maior nos primeiros cinco centímetros e decresce em profundidade. Portanto, independentemente do sistema de manejo avaliado, está ocorrendo uma diminuição nos teores de COT em profundidade. Esse efeito já foi relatado por (DIONIZIO *et al.*, 2020; EGEWARTH, 2020; GERALDINI, 2020) sendo decorrente da menor exposição dessas camadas a ação dos organismos decompositores da MOS associado ao menor aporte. Comparados os teores de matéria orgânica entre os perfis sob cultivo e o solo sob vegetação natural (CN), observaram-se menores teores orgânicos nos primeiros centímetros nos solos cultivados, exceto a área de FR, pelo caráter de cultivo perene e sem revolvimento nos solos. Acredita-se que essa menor quantidade de COT e MOS na área de PA, CA e OL esteja relacionada com a degradação da cobertura vegetal e aos reduzidos aportes orgânicos, haja vista que esses solos estão sob a influência dos mesmos fatores climáticos.

Tabela 5 - Valores médios de carbono orgânico total (COT) e teor de matéria orgânica do solo (MOS), em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano 2019/2020.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 - 10	10 - 20
	<b>COT g kg<sup>-1</sup></b>	
PA	6,42 Ac	6,39 Ac
OL	9,74 Ab	7,33 Bc

CA	11,91 Ab	10,54 Ab
FR	12,29 Ab	10,74 Ab
CN	17,65 Aa	16,21 Aa
CV (%)	12,97	12,97
DMS (5%)	2,56	2,56
	<b>MOS %</b>	
PA	1,14 Ac	1,10 Ac
OL	1,68 Ab	1,26 Bc
CA	2,05 Ab	1,81 Ab
FR	2,11 Ab	1,85 Ab
CN	3,04 Aa	2,79 Aa
CV (%)	12,94	12,94
DMS (5%)	0,44	0,44

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Observa-se variações nos teores de COT no ano 2020/2021, na camada de 0 -10 de 17,65 da área de CN, 12,29 g kg<sup>-1</sup> da área de FR, 11,91 g kg<sup>-1</sup> da área de CA, 9,74 g kg<sup>-1</sup> da área de OL, em seguida de 6,42 g kg<sup>-1</sup> na área de PA. Nas áreas de olerícolas observa-se teores médios de 9,74 g kg<sup>-1</sup> de COT e 1,68% de MOS, resultados semelhante encontrado por (LIMA *et al.*, 2016), no qual analisou uma área com cultivos de cebola, brócolis, repolho, couve, abóbora em manejo convencional, análogo a área estudada nesse trabalho.

As áreas de pastagem apresentaram menores teores de COT e MOS, resultados semelhantes foram relatados por (GUIMARÃES *et al.*, 2021; NOGUEIRA, 2021) na qual ao estudarem áreas degradadas, encontraram maiores valores de estoque de carbono em sistema silvipastoril em relação à pastagem. Ao analisarem o estoque de carbono em pastagem manejada e degradada, (ROSA; SANO; ROSENDO, 2014) observaram um decréscimo no estoque de carbono em ambas as pastagens em função do aumento nos valores da densidade do solo, situação está semelhante com o solo da área de pastagem degradada do presente estudo. A degradação da pastagem faz com que haja redução na produtividade, perda de matéria orgânica do solo, conseqüentemente emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera, acredita-se que com um manejo adequado as pastagens podem contribuir significativamente no combate ao aumento do efeito estufa potencializando o sequestro de carbono pelo solo. Nesse cenário, a restauração de ecossistemas degradados vem ganhando importância e recebendo investimentos por meio de

cooperação internacional, para restauração dessas áreas degradadas. Essa degradação da qualidade do solo está diretamente relacionada à diminuição do teor de matéria orgânica (FONSECA, 2017; SANTOS, 2021; SOUZA, 2020)

Os maiores valores de COT e MOS na área CN, se justificam devido ao maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, em função da vegetação presente na área, associado à ausência da ação antrópica, representando o nível de equilíbrio estável do C. Numa situação estável, normalmente em solos sob vegetação nativa com baixo grau de antropização, os teores de MOS não apresentam grandes variações ao longo do tempo, à medida que as adições de C orgânico via resíduos vegetais e a sua conversão em MOS, são da mesma magnitude que as perdas de C orgânico pela mineralização da MOS, promovidas pela atividade microbiana (BRITO, Mateus Rodrigues; SIQUEIRA; SOUSA, 2018; FRANÇA; PAIVA, 2015; ROCHA, 2021; SOARES, 2021; TOMAZI, 2008)

#### **4.2 Quantidade de mos e crédito de carbono equivalente**

Observa-se nas tabelas 6 e 7, que a área de FR, continua com valores superiores de 51,33 t ha<sup>-1</sup> de QMOS e 91,16 t ha<sup>-1</sup> de CCEQ no ano 2019/2020. Entretanto, no ano posterior 2020/2021 houve diminuição nos teores de C no CCEQ da área de FR, com 69,87 t ha<sup>-1</sup> e continuou semelhante para QMOS com 52,85 t ha<sup>-1</sup>. Um ponto que deve ser destacado, é o tempo de uso agrícola dessas áreas, uma vez que nessa propriedade, houve cultivo da área total de frutíferas em um período superior a 20 anos, podendo influenciar tanto no aporte de MOS, na fertilidade quanto na estrutura do solo trabalhado. A quantidade de matéria orgânica presente no solo pode influenciar diretamente sua qualidade, variando significativamente de uma área para outra, em função do manejo adotado, além de maiores teores de MOS para as regiões com maior abundância de clima mais úmido e temperados e mais escasso em climas mais seco e tropical (ABBRUZZINI, 2011).

Tabela 6 - Valores médios de quantidade ou acúmulo da MOS (QMOS) e crédito de carbono equivalente (CCEQ), em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano 2019/2020.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 - 10	10 - 20
<b>QMOS t ha<sup>-1</sup></b>		
CA	15,69 Ae	16,62 Ac
PA	19,37 Ad	12,45 Bd
OL	30,64 Ac	31,03 Aa
CN	39,62 Ab	32,85 Ba
FR	51,33 Aa	27,65 Bb
DMS (5%)	4,61	4,61
CV (%)	2,31	2,31
<b>CCEQ t ha<sup>-1</sup></b>		
CA	33,37 Ae	35,35 Ac
PA	41,19 Ad	26,48 Bd
OL	65,17 Ac	65,99 Aa
CN	84,27 Ab	69,87 Ba
FR	91,16 Aa	58,81 Bb
DMS (5%)	4,91	4,91
CV (%)	4,61	4,61

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Pode-se observar uma mudança nos teores de C de um ano para outro (Tabelas 6 e 7), o manejo com CA apresentou-se os menores valores médios de 15,69 t ha<sup>-1</sup> de QMOS e 33,37 t ha<sup>-1</sup> de CCEQ, já no ano seguinte com 29,36 t ha<sup>-1</sup> de QMOS e 62,44 t ha<sup>-1</sup> de CCEQ, houve um incremento de MOS e C na área, corroborando com resultados obtidos em uma pesquisa realizada no Anel da Soja na região do Oeste baiano, uma área com as culturas do algodão, milho e soja (BEREGENO, 2018). Na área de PA, ocorreu o inverso observa-se diminuição no primeiro ano de 19,37 t ha<sup>-1</sup> de QMOS e 41,19 t ha<sup>-1</sup> de CCEQ para 17,35 t ha<sup>-1</sup> de QMOS e 36,91 t ha<sup>-1</sup> de CCEQ no segundo ano analisado. Evidenciando-se a dinâmica do processo de humificação da matéria orgânica dos solos, na qual está diretamente relacionada à sua evolução superficial e condicionada pelo manejo adotado. No Brasil, existem 200 milhões de hectares de pastagens, dos quais estima-se que cerca de 130 milhões encontra-se degradados (EMBRAPA, 2021). Estudos afirmam que mais de 60% das pastagens do Bioma Cerrado apresentam indício de degradação (BRITO; BRITO, 2020). Quando as

pastagens se degradam, esses solos podem perder carbono, como constatado neste trabalho, convertendo-se em dióxido de carbono no processo. Por outro lado, quando as pastagens são restauradas, o carbono pode ser sequestrado.

Tabela 7 - Valores médios de quantidade ou acúmulo da MOS (QMOS) e crédito de carbono equivalente (CCEQ), em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano safra 2020/2021.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 - 10	10 - 20
	<b>QMOS t/ha<sup>-1</sup></b>	
PA	17,35 Ad	17,30 Ac
OL	25,03 Ac	19,84 Ac
CA	29,36 Abc	28,53 Ab
FR	52,85 Aa	34,63 Aab
CN	39,88 Aa	41,09 Aa
CV (%)	14,38	14,38
DMS (5%)	7,42	7,42
	<b>CCEQ t/ha<sup>-1</sup></b>	
PA	36,91 Ad	36,80 Ac
OL	53,22 Ac	42,19 Ac
CA	62,44 Abc	60,68 Ab
FR	69,87 Aa	73,65 Aab
CN	84,81 Aa	87,38 Aa
CV (%)	14,38	14,38
DMS (5%)	15,79	15,79

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Na área OL também ocorreu um declínio nos teores de QMOS e CCEQ, de um ano para o outro, em tese por serem culturas de ciclo curto e intenso revolvimento do solo em períodos curtos, os processos de aração precipitam a taxa de decomposição da matéria orgânica, pois, as moléculas de oxigênio (O<sub>2</sub>) favorecem a atuação dos microrganismos consequentemente a decomposição (BALDOTTO *et al.*, 2015). Ao se realizar a aração o solo é exposto ao oxigênio de forma mais ampla, tendo em vista que o oxigênio passa a ocupar as camadas internas do solo, fazendo com que maior área superficial do solo esteja exposta ao oxigênio do ar (CAETANO *et al.*, 2020).

### 4.3 Ácido húmico, ácido fúlvico e humina

Nas substâncias húmicas houve-se predominância da fração HUM em todas as profundidades de solo analisadas em comparação aos teores de AH e AF (Tabelas 8 e 9). Por meio dos resultados, percebeu-se que o processo de humificação e a qualidade da matéria orgânica foram influenciados pelo modo de uso e preparo do solo nas áreas. Como pode-se observar, o ácido fúlvico apresentou um comportamento bem dinâmico, por ser mais solúvel e móvel entre as três frações, de forma geral decrescente em relação a profundidade dentro de cada área. Se repetiu-se com o ácido húmico (AH), corroborando com os resultados de (CUNHA *et al.*, 2001) com a pesquisa realizada em São Desidério - BA. Este resultado era esperado, já que no estudo do carbono das frações das substâncias húmicas do solo, mudanças iniciais em seu conteúdo são esperadas na fração ácido fúlvico, pois essa reflete o primeiro estágio em direção à estabilização da matéria orgânica.

Os teores de AH e AF foram mais sensíveis aos manejos adotados, podem ser translocadas para camadas mais profundas do solo, polimerizadas ou mineralizadas, e diminuir seu teor residual no solo (SILVA JÚNIOR, 2019). Esta sensibilidade está relacionada ao processo de estabilização da MO do solo, que começa com a formação de AF e segue em direção a AH e depois HUM. Assim, mudanças devido a adoção de diferentes sistemas de produção são esperadas na fração AF, já que reflete na primeira fase em direção à estabilização da matéria orgânica (ROSA *et al.*, 2017).

Tabela 8 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano safra 2019/2020.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 – 10	10 - 20
	<b>HUM g kg<sup>-1</sup></b>	
CA	6,82 Bc	7,90 Ac
PA	6,80 Ac	6,08 Ad
OL	8,19 Ab	8,51 Abc
CN	12,08 Aa	10,71 Ba
FR	12,99 Aa	9,40 Bab
DMS (5%)	1,32	1,32
CV (%)	8,21	8,21
	<b>AF g kg<sup>-1</sup></b>	
CA	3,38 Ac	2,93 Ad

PA	4,56 Ab	3,34 Bc
OL	2,88 Ad	2,41 Ae
CN	4,69 Ab	4,04 Ab
FR	6,59 Aa	5,59 Ba
DMS (5%)	0,25	0,25
CV (%)	3,55	3,55
<b>AH g kg<sup>-1</sup></b>		
CA	3,61 Ab	1,80 Bd
PA	3,50 Ab	2,92 Bc
OL	3,46 Ab	3,86 Ab
CN	3,14 Ac	2,74 Ac
FR	8,04 Aa	6,14 Ba
DMS (5%)	0,31	0,31
CV (%)	4,47	4,47

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Das frações húmicas, a humina representou a maior parte do carbono em todas formas de uso do solo, observa-se que as áreas de CN e FR com os maiores valores médios, e não se diferem entre si, na camada de 0-10 cm. Em seguida a área de OL com 8,18 g kg<sup>-1</sup> e 8,51 g kg<sup>-1</sup>, Área de CA com 6,82 g kg<sup>-1</sup> e 7,90 g kg<sup>-1</sup>, Área de PA com 6,80 g kg<sup>-1</sup> e 6,08 g kg<sup>-1</sup>. A humina por ser a fração do C que está mais intimamente associada aos coloides minerais do solo, estando aleatoriamente distribuída nos perfis (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). A predominância da fração HUM, em relação às demais SBHs, deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo, conferindo resistência à degradação microbiana (STEVENSON, 1994). Ainda em termos de sequestro de C, a HUM deve ser considerada a fração mais significativa como reserva de COT (FERREIRA *et al.*, 2019).

Para AF apresenta os maiores valores para a área de FR com 6,59 g kg<sup>-1</sup> e 5,59 g kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm respectivamente. Em seguida para a área de CN, com 4,69 g kg e 4,04 g kg, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Seguidamente a área de PA, com 4,56 g kg<sup>-1</sup> e 3,34 g kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Posteriormente a área de CA, com 3,38 g kg<sup>-1</sup> e 2,93 g kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. E com os menores valores médios a área OL com 2,88 g kg<sup>-1</sup> e 2,41 g kg<sup>-1</sup>, por serem as frações menos polimerizadas os ácidos fúlvicos (AF), são

constituídos por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos, que são mais reativos do que as outras duas frações pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos. Esta fração humificada é considerada de menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo (STEVENSON, 1994).

Para AH observa-se que em FR valores superiores as demais áreas com 8,04 g kg<sup>-1</sup> e 6,14 g kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10 e 10-20 respectivamente. Em seguida, as áreas de CA, PA e OL não se diferenciaram estatisticamente, na camada de 0-10 cm. As frações húmicas que apresentam o maior volume de cargas elétricas, portanto maior capacidade de troca de cátions. Por outro lado, as frações mais polimerizadas (ácidos húmicos e humina), apesar de atuarem como agente estabilizador da estrutura, apresentam dentre as frações húmicas, um menor volume de cargas elétricas, logo, uma menor capacidade de troca de cátions, os AH são responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos culturais (BENITES et al., 2003).

Tabela 9 - Teores de carbono das frações humina (HUM), ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) em diferentes formas de uso do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, para o ano safra 2020/2021.

Uso do solo	Profundidade (cm)	
	0 – 10	10 - 20
	<b>HUM g kg<sup>-1</sup></b>	
PA	3,20 Ac	3,97 Ac
OL	8,07 Ab	7,34 Ab
CA	7,53 Ab	6,49 Ab
FR	4,39 Ac	3,23 Ac
CN	12,71 Aa	10,65 Ba
CV (%)	15,24	15,24
DMS (5%)	1,86	1,86
	<b>AF g kg<sup>-1</sup></b>	
PA	2,42 Ac	2,85 Aa
OL	5,13 Aab	4,48 Aa
CA	4,35 Aabc	4,03 Aa
FR	2,61 Abc	3,37 Aa
CN	5,29 Aa	4,31 Aa
CV (%)	38,12	38,12
DMS (5%)	2,67	2,67
	<b>AH g kg<sup>-1</sup></b>	
PA	1,95 b	1,53 b
OL	4,26 ab	3,51 ab
CA	3,06 ab	3,75 ab

FR	4,09 ab	2,37 ab
CN	4,98 a	4,19 a
CV (%)	33,81	33,81
DMS (5%)	2,36	2,36

Área de cultivos anuais (CA), área de pastagem (PA), área de olerícolas (OL), área de cerrado nativo (CN) e área de frutíferas (FR). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os teores médios da safra 2020/2021, também houve predominância da fração humina. Em termos de sequestro de carbono deve ser considerada a fração mais significativa como reserva de carbono orgânico no solo (PFLEGER; CASSOL; MAFRA, 2017). Os maiores teores das frações na área de CN, pode ser atribuído ao maior aporte de serapilheira e ausência da influência antrópica nesta área, apresentando o mesmo padrão do COT. Em ambientes naturais, a formação das substâncias húmicas é atrelada à atividade microbiana, sendo a humificação, ao longo do tempo, o resultado final do processo microbiológico (GAZOLLA *et al.*, 2015). Segundo (FONTANA, 2009) os AF e AH, por apresentarem menor estabilidade, podem ser translocadas para camadas mais profundas, serem polimerizadas ou mineralizadas, e diminuir, assim, seu teor residual no solo (CAMPOS, 2020).

CUNHA *et al.*, (2001) observam que esses comportamentos, possivelmente, poderiam estar ligados a dois fatores adição de calcário, que favorece o aumento dos teores de cálcio e a atividade microbiana, o que aceleraria o processo de humificação da matéria orgânica, com consequente liberação dos ácidos hidrossolúveis e formação dos ácidos fúlvicos livres, explicando, assim, o aumento destes. Por outro lado, a rotação de culturas, associada aos contrastes climáticos, favoreceria a polimerização dos ácidos húmicos em humina, explicando, dessa forma, a diminuição dos ácidos húmicos e o aumento da humina (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011).

O AH representa a fração intermediária no processo de estabilização dos compostos húmicos, esses ácidos são, portanto, um marcador natural do processo de humificação e refletem o uso e o manejo do solo. A menor proporção de AH em profundidade sugere redução do aporte de carbono jovem ao sistema, com reflexos negativos sobre a qualidade do húmus e atividade microbiana, como observadas nas áreas estudadas, corroborando com (SANTOS *et al.*, 2021).

Nos anos analisados a área de PA obteve menores teores de C na HUM, na tabela 8 e 9, resultado contrário mostrado por (OHLAND; LANA; FRANDOLOSO,

2019) na qual eram áreas com gramíneas, contribuiu-se para elevar e manter os aportes de C no solo e seu sistema radicular também aportou grande quantidade de C, indicando maior estabilização do C pelo aumento na fração HUM.

BERTECHINI (2018) verificou que os teores de C nas frações húmicas do solo foram influenciados pela utilização de diferentes fontes de fertilizantes em sucessão milho e soja ou soja e algodão em solos do cerrado piauiense, desse modo, o emprego de sistemas de manejo que promovam aportes de biomassa vegetal e a aplicação de fontes de fertilizante podem promover alterações nas frações da MOS.

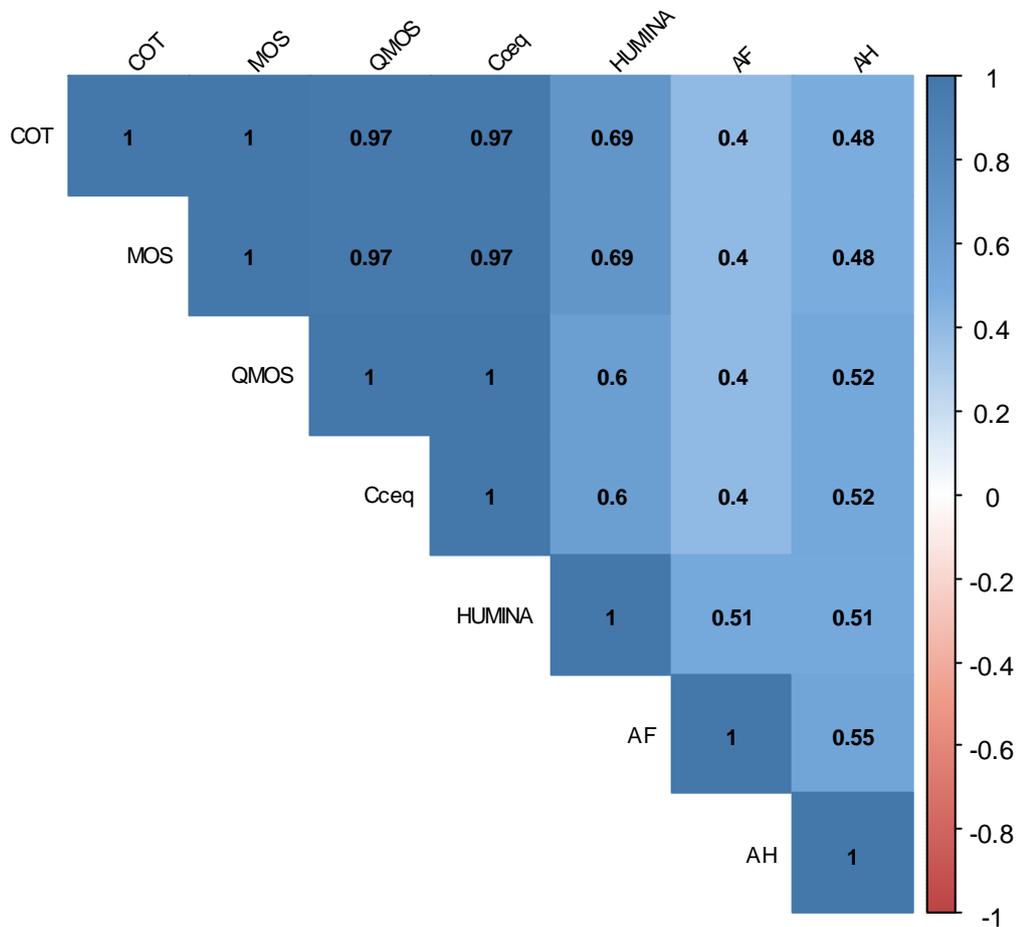
Analisando que a área estudada possui os teores de argila e matéria orgânica muito baixos, resultando em solos com baixa capacidade de troca de cátions, o uso de um sistema de manejo mais racional conservacionista, poderia beneficiar um processo de humificação menos intenso, no qual se teriam, em quantidades equivalentes, substâncias húmicas menos polimerizadas para a obtenção de uma maior quantidade de cargas elétricas, dessa forma, elevar ao máximo a retenção de água, a manutenção do conteúdo de matéria orgânica, carbono orgânico total e o aumento da produtividade das culturas (BESEN *et al.*, 2018). A estimativa da dinâmica da MOS em sistemas de produção, por meio do fracionamento químico, auxilia no estabelecimento de estratégias de recomendação de manejo que abonem incremento no conteúdo de MOS, beneficiando as suas frações, reduzindo o impacto da agricultura sobre o ambiente, através do conhecimento do potencial de captura e armazenamento de C nos sistemas, contribuindo assim, para a qualidade do solo ao longo do tempo (LOSS, 2011; ROSA *et al.*, 2017; SÁ, 2020; SANTOS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2009).

#### **4.4 Correlação de pearson**

A correlação entre as variáveis é apresentada na Figura 6. Ressalta-se que se considera como fraca correlação se  $0,00 < \rho < 0,30$ ; moderada correlação se  $0,30 \leq \rho < 0,60$ ; forte correlação se  $0,60 \leq \rho < 0,90$  e correlação linear muito forte se  $0,90 \leq \rho < 1,00$  (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Observa-se que todas as variáveis se relacionaram positivamente, de caráter diretamente proporcionais, de moderada a muito fortes.

A maior magnitude de correlação, foi observada entre COT e MOS (1,00) e QMOS e CCEQ (1,00). Isso permite inferir que tais características são diretamente influenciadas uma pela outra. Seguindo a mesma tendência de correlação muito forte entre COT e QMOS (0,97), COT e CCEQ (0,97). Ainda entre MOS e QMOS (0,97), MOS e CCEQ (0,97). Os resultados obtidos estão de acordo com (LOSS *et al.*, 2010), que em sua pesquisa também houve correlação significativa com o COT e em todas variáveis avaliadas.

Figura 6 - Correlograma com estimativas da correlação de Pearson entre carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS), quantidade ou acúmulo da MOS (QMOS), crédito de carbono equivalente (CCEQ) e as frações ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e HUMINA (HUM).



Esse resultado indica que, nas condições edafoclimáticas em que o experimento tem sido conduzido, o acúmulo de COT depende do incremento dos teores de MOS. Portanto, é possível inferir que a estabilização da MOS é fundamental para o aumento dos teores de COT. (LIMA *et al.*, 2016). Analisando as substâncias húmicas, podemos verificar que há correlação positiva, de moderada a forte entre as variáveis. A HUMINA tem forte correlação entre COT (0,69) e MOS (0,69), e moderada forte com QMOS (0,6) e CCEQ (0,6). O AF se relacionou com todas variáveis com correlação moderada, entre COT e AF (0,4), MOS e AF com (0,4), QMOS e AF (0,4), CCEQ e AF (0,4), entre Humina e AF (0,51). O AH tem moderada correlação entre COT (0,48), MOS (0,48), QMOS (0,52), CCEQ (0,52), HUMINA (0,51) e AF (0,55). Efeito similar foram observadas por (EBELING *et al.*, 2011; JUNIOR, 2019; SILVA, 2021), na qual o aumento da matéria orgânica irá aumentar todas as variáveis progressivamente, estando em crescimento diretamente proporcionais.

## **5. CONCLUSÃO**

Os teores de carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, quantidade de matéria orgânica do solo, crédito de carbono equivalente e as frações húmicas, apresentaram diferenças significativas, as mudanças de ambientes naturais em áreas agrícolas tiveram impacto considerável no acúmulo e dinâmica da matéria orgânica.

O cultivo com frutíferas proporcionou aumento nos teores de carbono e MOS nas frações húmicas em relação as demais áreas. A pastagem e culturas anuais diminuíram consideravelmente os valores de aportes de carbono, devido as áreas degradadas e manejo convencional.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBRUZZINI, T. F. **Qualidade e quantidade da matéria orgânica do solo em cultivo convencional e orgânico de cana-de-açúcar**. 2011. PhD Thesis – Universidade de São Paulo, 2011.
- AIBA. Revista Aiba Rural. 2021. **Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia**. Disponível em: <https://aiba.org.br/revista-aiba-rural/>. Acesso em: 5 dez. 2021.
- ALBUQUERQUE, I.; ALENCAR, A.; ANGELO, C. SEEG 8 ANÁLISE DAS EMISSÕES BRASILEIRAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS DE CLIMA DO BRASIL 1970-2019. , p. 41, 2020. Disponível em: <https://www.observatoriodoclima.eco.br/seeg-8-analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-metas-de-clima-brasil-1970-2019/>. Acesso em: 18 set. 2021.
- ALENCAR, A.; ZIMBRES, B.; SHIMBO, J.; BRANDÃO JR, A.; ARRUDA, V.; LENTI, F.; SOUZA JR, C.; AZEVEDO, T. Nota Metodológica SEEG 8 Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas. 2020. .
- ANDRADE, C. A. O. de. **Adubação orgânica em sistema agroflorestal: atributos químicos e físicos do solo e desempenho das espécies consorciadas**. 2021. 102 f. Tese de Doutorado em Agronomia – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, Goiânia - GO, 2021. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/11356>. Acesso em: 1 set. 2021.
- ANSCHAU, K. A. Propriedades físicas, fracionamento da matéria orgânica do solo e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura no inverno. 2018. .
- ARAÚJO, M. D. M.; FEITOSA, M. M.; PRIMO, A. A.; TANIGUCHI, C. A. K.; SOUZA, H. A. D. MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO E CARBONO DO COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO ANIMAL. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 310–320, 2020. .
- AZEVEDO, T. R. D.; COSTA JUNIOR, C.; BRANDÃO JUNIOR, A.; CREMER, M. dos S.; PIATTO, M.; TSAI, D. S.; BARRETO, P.; MARTINS, H.; SALES, M.; GALUCHI, T.; RODRIGUES, A.; MORGADO, R.; FERREIRA, A. L.; BARCELLOS E SILVA, F.; VISCONDI, G. de F.; DOS SANTOS, K. C.; CUNHA, K. B. da; MANETTI, A.; COLUNA, I. M. E.; ... KISHINAMI, R. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data - Nature**, v. 5, n. 1, p. 180045, 29 maio 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata201845>. Acesso em: 18 set. 2021.
- BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. de O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, v. 62, p. 301–309, jun. 2015. DOI 10.1590/0034-737X201562030010. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rceres/a/hqdqfpxshLGSZdyGGLzfsmg/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.
- BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; CERRI, C. E. C.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; NICOLOSO, R. da S. ESTABILIZAÇÃO DO CARBONO NO SOLO E

MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA. , p. 65, 2011. Disponível em: [https://www.academia.edu/4837863/ESTABILIZA%C3%87%C3%83O\\_DO\\_CARBO\\_NO\\_NO\\_SOLO\\_E\\_MITIGA%C3%87%C3%83O\\_DAS\\_EMISS%C3%95ES\\_DE\\_GASES\\_DE\\_EFEITO\\_ESTUFA\\_NA\\_AGRICULTURA\\_CONSERVACIONISTA](https://www.academia.edu/4837863/ESTABILIZA%C3%87%C3%83O_DO_CARBO_NO_NO_SOLO_E_MITIGA%C3%87%C3%83O_DAS_EMISS%C3%95ES_DE_GASES_DE_EFEITO_ESTUFA_NA_AGRICULTURA_CONSERVACIONISTA). Acesso em: 1 set. 2021.

BENITES, V. de M.; MACHADO, P. de A.; MADARI, B. E.; FONTANA, A. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª edição revista e ampliada. Brasília: EMBRAPA SOLOS, 2017. v. Capítulo em livro técnico (CNPS), p. 401–414. . Acesso em: 1 set. 2021.

BENITES, V. de M.; MADARI, B.; MACHADO, P. de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Embrapa Solos - Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, v. Comunicado Técnico 16, p. 7, 2003. .

BEREGENO, C. A. **Matéria orgânica do solo da microrregião do anel da soja no cerrado baiano**. 2018. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22419>. Acesso em: 16 set. 2021.

BERTECHINI, M. C. FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGANOMINERAL NO CERRADO PIAUIENSE. 19 jun. 2018. Disponível em: <http://10.42.90.92/xmlui/handle/123456789/1258>. Acesso em: 19 nov. 2021.

BESEN, M.; RIBEIRO, R.; MONTEIRO, A. N. T.; IWASAKI, G.; PIVA, J. T. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429–439, jul. 2018. DOI 10.17268/sci.agropecu.2018.03.15. Disponível em: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2077-99172018000300015&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000300015&lng=es&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 1 set. 2021.

BORGES, E. F.; LACERDA, C. S. ESTUDO DOS EFEITOS DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA NA VEGETAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA. **Sitientibus**, n. 53, 2015. .

BRITO; BRITO. Mapeamento de qualidade em pastagens do Cerrado por meio de imagens Sentinel 2. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, n. 0, p. 44, 31 dez. 2020. DOI 10.5902/2236499443352. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/43352>. Acesso em: 6 dez. 2021.

BRITO, M. R.; SIQUEIRA, F. L. T.; SOUSA, R. N. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado. **Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 5, n. Especial, p. 114–124, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2018v5nEspecialp114>. Acesso em: 1 set. 2021.

CAETANO, L. A.; DEBONI, T. C.; BAMPI, E.; FRANCO, Â.; DE MELO SANTIAGO, G.; CASTAMANN, A. Microrganismos eficientes na decomposição de resíduos de soja e milho. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. .

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAMPOS, A. R. de M. Influência das substâncias húmicas e diferentes disponibilidades de água no solo em soja. 2020. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/2359>. Acesso em: 17 nov. 2021.

CARDOSO, J. dos S. **Ensaio sobre políticas climáticas e o uso da terra no Brasil**. 2018. 102 f. Dissertação de Mestrado em Agronegócio – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1003>. Acesso em: 18 set. 2021.

CARUSO, T. C. **Custo de mitigação das tecnologias de baixa emissão de carbono: integração-lavoura-pecuária e recuperação de pastagens degradadas**. 2019. 121 f. Dissertação de Mestrado em Agronegócio – FUNDAÇÃO GETULIO VARGASESOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO, São Paulo - SP, 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/27394>. Acesso em: 18 set. 2021.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277–290, abr. 2010. DOI 10.1590/S0100-06832010000200001. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/QKJZTHq3WhVSXHgVMyskHCL/?lang=pt>. Acesso em: 26 set. 2021.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, p. 1161–1164, dez. 2003. DOI 10.1590/S0103-84782003000600026. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cr/a/8rYJLHrc7xF35mmDmtv4tDc/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 6 out. 2021.

CLEMENTE, E. D. P.; OLIVEIRA, F. S.; MACHADO, M. R.; SCHAEFER, C. E. G. R. Fracionamento da Matéria Orgânica dos Solos da Ilha da Trindade. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, p. 48–62, 2018. DOI 10.11606/rdg.v36i0.147796. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/147796>. Acesso em: 1 set. 2021.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; SANTOS, D. C. dos. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural - Santa Maria**, v. 44, n. 5, p. 794–800, 2014. DOI 10.1590/S0103-8478. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/HHpwcZxPS3b4MhGpXrZJXJJ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

COSTA; 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. 852–863, jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/N4CH5D7w5xxv4gH5S9gzXdR/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

COSTA; DIAS, B. de O.; FRAGA, V. da S.; SANTANA, C. C.; SILVA, N. da. Carbon and nitrogen stocks in soils under different forms of use in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 528–533, 31 jul. 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tYdQbgRd7mLMQnqByKJDY8M/?lang=en>. Acesso em: 26 set. 2021.

COSTA; MACHADO; LUDUVICO; 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**, v. 6, p. 32294–32306, 1 jan. 2020. DOI 10.34117/bjdv6n5-612. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341995994\\_Atributos\\_fisicos\\_e\\_estoque\\_d\\_e\\_carbono\\_em\\_areas\\_sob\\_diferentes\\_formas\\_de\\_uso\\_do\\_solo\\_no\\_Cerrado\\_do\\_Oeste\\_da\\_Bahia](https://www.researchgate.net/publication/341995994_Atributos_fisicos_e_estoque_d_e_carbono_em_areas_sob_diferentes_formas_de_uso_do_solo_no_Cerrado_do_Oeste_da_Bahia). Acesso em: 1 set. 2021.

CUNHA; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L. de; AGUIAR, A. de C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 1, p. 27–36, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/syJVCT9cThsMjk3LrYF5ZGr/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 28 set. 2021.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**. Capítulo 9. [S. l.]: In: NUNES, RR; REZENDE, MOO (Org.). Recurso solo: propriedades e usos. São ..., 2015.

DIAS, F. P. M.; NONATO, A. C. R.; CONCEIÇÃO, K. S.; DA SILVA XAVIER, F. A.; ALISSON, F. NITROGÊNIO, CARBONO ORGÂNICO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE UM LATOSSOLO NA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA. **Habitats Urbanos e Rurais**, , p. 227, 2019. .

DIONIZIO, E. A.; PIMENTA, F. M.; LIMA, L. B.; COSTA, M. H. Carbon stocks and dynamics of different land uses on the Cerrado agricultural frontier. **PLOS ONE**, v. 15, n. 11, p. e0241637, 6 nov. 2020. DOI 10.1371/journal.pone.0241637. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0241637>. Acesso em: 27 set. 2021.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; BLAINSKI, É.; GONZÁLEZ, A. P. Estoque de C e Abundância Natural de C 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, dez. 2015. DOI 10.1590/0100683rbcs20140531. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/3PCtgdDYR47mF3RDSdDmPnM/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, É. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, v. 70, p. 157–165, 2011. DOI 10.1590/S0006-87052011000100022. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/brag/a/WYdJwNgDS7cPBhzsLN6ztMJ/?lang=pt>. Acesso em: 2 nov. 2021.

EGEWARTH, J. F. **Decomposição e liberação de macronutrientes e características físicas químicas de solo sob efeito de palhada de aveia sob diferentes manejos**. 2020. 60 f. Tese de doutorado – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ, MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ, 2020. Disponível em: <http://131.255.84.103/handle/tede/5279>. Acesso em: 1 set. 2021.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa Latossolos. 1999. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html). Acesso em: 2 nov. 2021.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021.

EMBRAPA. Pastagens - Portal Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens>. Acesso em: 6 dez. 2021.

FAJARDO, A. M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Avaliação Financeira do Sequestro de Carbono na Serra de Baturité, Brasil, 2012. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 391–399, set. 2015. DOI 10.1590/2179-8087.061413. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/floram/a/b6Yrjq8YZ5y8bXY93d3Jjdq/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 5 dez. 2021.

FERNANDES, C. C.; BOAS, I. C. V.; BATISTA, H. R. F.; DA SILVA, F. F. A.; COSTA, A. C.; ZUCHI, J.; TADEU, H.; DE DEUS, I. P. B.; DE MORAIS, W. C.; MIRANDA, M. L. D. Crédito de carbono como tema gerador de um projeto de extensão executado no IFGOIANO–Campus Rio Verde. **Agroecologia Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável - Volume 5**. Capítulo 7. [S. l.: s. n.], 2021. p. 103–113. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/210504593>. Acesso em: 1 set. 2021.

FERREIRA, A. L.; TSAI, D. S.; DA CUNHA, K. B.; DOS SANTOS CREMER, M. Análise da evolução das emissões de gee no brasil (1990–2012): setor de energia. **Observatório do Clima**, 2014. .

FERREIRA; ALVES, S. J.; DE OLIVEIRA, P. S. R.; DA COSTA, A. C. T.; NOLLA, A. Carbono orgânico e nitrogênio do solo sob alturas de pastejo da *Urochloa ruziziensis* em sistema agropastoril. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, p. 352–362, 2019. .

FILHO, A. da S.; SILVA, M. da. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. **II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro. João Pessoa-PB. Anais... EMEPA-PB**, v. 2, 2002. .

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; DE SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. [S. l.]: Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, 2006.

FLORENCE, E. de A. S.; SEBEN JUNIOR, G. de F.; CAIONE, G.; SCHONINGER, E. L.; FERREIRA, F. M. Estoque de Carbono e atributos físicos do solo, sob diferentes usos em pastagens na Amazônia Norte mato-grossense. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 1902–1909, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/28922>. Acesso em: 1 set. 2021.

FONSECA, L. J. Carbono e emissão de CO<sub>2</sub> em sistema silvipastoris e pastagem com aplicação de biofertilizante. 2017. .

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos**. 2009. 82 f. Tese de doutorado – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, Seropédica, RJ, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/664491>. Acesso em: 1 set. 2021.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1721–1732, dez. 2009. DOI 10.1590/S0100-06832009000600021. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/nG9JHwSXdzW3rqpQM3Z7bDN/?lang=pt>. Acesso em: 6 out. 2021.

FRANÇA, A. M. da S.; PAIVA, R. J. de O. Estimativa e modelagem dos estoques de carbono em solos sob áreas de campo limpo úmido do Distrito Federal. **Sociedade & Natureza**, v. 27, p. 171–184, abr. 2015. DOI 10.1590/1982-451320150112. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/sn/a/QxGDHztSkkx8KPPR7g6ppsP/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

FREITAS, I. C.; FERREIRA, E. A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; ALVES, M. A.; DE OLIVEIRA, J. de C.; PENA, A. N. L.; CABRAL, C. M.; FRAZÃO, L. A. Estratégias para incremento de carbono e retorno econômico em áreas de sequeiro com sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no semiárido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 8, 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16769>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16769>. Acesso em: 1 set. 2021.

GAZOLLA, P. R. **MATÉRIA ORGÂNICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO CERRADO**. 2011. 70 f. Dissertação de Mestrado – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO, Rio Verde - GO, 2011. . Acesso em: 1 set. 2021.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 693–704, 2015. DOI 10.5433/1679-0359.2015v36n2p693. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744147010>. Acesso em: 1 set. 2021.

GERALDINI, M. **Estoques de carbono no solo em sistemas de produção integrada e convencional no Brasil: uma revisão de literatura**. 2020. PhD Thesis – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2020.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; GUARESCHI, R. F.; MACHADO, D. L. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO, ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E FRAÇÕES HÚMICAS EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 617–631, set. 2015. DOI 10.5902/1980509819613. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cflo/a/gd9hPS58pDgQbrSrRLvnwxD/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

GIONGO, V.; FREITAS, M.; FREITAS, R.; DE FREITAS, A. D. S.; TAURA, T.; LEITE, L. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste Brasileiro. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)**. Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste. Brasília: EMBRAPA, 2021. p. 87–112.

GONÇALVES; SANTANA. OS ORGANISMOS DO SOLO E A MANUTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA. **Revista GeoAmazônia**, v. 7, n. 14, p. 139–159, 2019. Disponível em: <http://www.geoamazonia.net/index.php/revista/article/view/258>. Acesso em: 2 nov. 2021.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 109–114, 28 jun. 2013. DOI 10.4336/2013.pfb.33.74.450. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/450>. Acesso em: 2 nov. 2021.

GUIMARÃES, T. P.; MANESCHY, R. Q.; OLIVEIRA, I. K. de S.; CASTRO, A. A. de; OLIVEIRA, P. D. de; COSTA, K. C. G. Sequestro de carbono em sistemas silvipastoris de regeneração natural da agricultura familiar, São Domingos do Araguaia - PA / Carbon separation in silvipastoral systems of natural regeneration of family farming, São Domingos do Araguaia - PA. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4721–4728, 28 set. 2021. DOI 10.34188/bjaerv4n3-148. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/36618>. Acesso em: 17 nov. 2021.

JUNIOR. **Variabilidade espacial de compartimentos da matéria orgânica em classes de agregados de um latossolo vermelho sob cafeeiro**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/27976>. Acesso em: 19 nov. 2021.

LANKA, S. Os ganhos de uma agricultura sustentável. **GV-EXECUTIVO**, v. 19, n. 1, p. 26–29, 29 abr. 2020. DOI 10.12660/gvexec.v19n1.2020.81434. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/view/81434>. Acesso em: 18 set. 2021.

LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J. da; GUEDES, Í. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 378–387, 2016. .

LOPES, J. T.; SCHIAVO, J. A.; DE SOUZA, K. N.; ABREU, G. M. FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO. **ANAI DO ENIC**, n. 6, 2014. .

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no Cerrado goiano**. 2011. 133 f. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, Seropédica - RJ, 2011. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/handle/jspui/1233>. Acesso em: 1 set. 2021.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. dos; SILVA, E. M. R. da. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, v. 69, p. 913–922, dez. 2010. DOI 10.1590/S0006-87052010000400018. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/brag/a/8rNgryqSbPRVxK9pJdwBdjt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2021.

MACHADO, P. L. O. de A.; BERNARDI, A. C. de C.; SANTOS, F. S. dos. Métodos de preparo de amostras e de determinação de carbono em solos tropicais. 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/337126>. Acesso em: 25 set. 2021.

MAIA, C. M. B. de F.; PARRON, L. M. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica - Embrapa Florestas**. Brasília: In: PARRON, LM; GARCIA, JR; OLIVEIRA, EB de; BROWN, GG; PRADO, RB (Ed ..., 2015. p. 101–108. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1024437/materia-organica-como-indicador-da-qualidade-do-solo-e-da-prestacao-de-servicos-ambientais>. Acesso em: 6 set. 2021.

MEDEIROS, C.; BANDEIRA, L. B.; SOCORRO, M. AVALIAÇÃO DAS FRAÇÕES HÚMICAS EM ÁREAS DE MATA NATIVA E REFLORESTADAS. **Habitats Urbanos e Rurais**, , p. 170, 2019. .

MELO. **Análise dos efeitos da atividade econômica nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2019. 41 f. Dissertação de Mestrado em Economia – Universidade Federal do Ceará - UFC, FORTALEZA, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/47154>. Acesso em: 18 set. 2021.

MELO, G. B.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; GUARESCHI, R. F.; SOARES, P. F. C. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e

convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1511–1519, 2016. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900050>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/mwNhfd5dGqxQv3bkZG7jccx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

MENDES, Hh. do V. Viabilidade dos compromissos brasileiros de redução de emissões de gases de efeito estufa: uma análise dos períodos pré e pós-2020. 2020.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. **European Journal of Soil Science**, v. 69, n. 1, p. 39–47, 2018. DOI 10.1111/ejss.12475. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.12475>. Acesso em: 6 out. 2021.

MIRANDA, E. da S.; FONTENELE, E. S.; DA SILVA, L. S.; SOARES, R. B.; ALVES, R. N. FRACIONAMENTO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM DIFERENTES COMPOSTOS ORGÂNICOS. **Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR**, v. 5, n. 1, 2018. Disponível em: [https://periodicos.ifrr.edu.br/index.php/anais\\_forint/article/view/971](https://periodicos.ifrr.edu.br/index.php/anais_forint/article/view/971). Acesso em: 1 set. 2021.

MORAES, J. L. de. **Fracionamento químico da matéria orgânica de solos sob diferentes sistemas de manejo**. 2018. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO, PETROLINA, PE, 2018. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/420>. Acesso em: 1 set. 2021.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 457–462, 2003. .

NATIONAL GEOGRAPHIC. Emissões de gases estufa aumentam no Brasil. 2020. **National Geographic Brasil**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/11/emissoes-de-gases-estufa-aumenta-no-brasil-atividades-rurais-lideram>. Acesso em: 2 nov. 2021.

NOGUEIRA, D. C. S. Variabilidade da emissão de CO<sub>2</sub> e atributos do solo em pastagem e sistema silvipastoril. 28 jun. 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/214445>. Acesso em: 17 nov. 2021.

OHLAND; LANA; FRANDOLOSO. Fracionamento químico da matéria orgânica do solo após sistemas de manejo no inverno. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 18, n. 1, p. 53–64, 2019. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/20945>. Acesso em: 9 set. 2021.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 527–538, 2011. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300015>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rarv/a/LzkfsYtTVT36gPrCXq5Dx9h/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

PFLEGER, P.; CASSOL, P. C.; MAFRA, Á. L. SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM CAMBISSOLO SOB VEGETAÇÃO NATURAL E PLANTIOS DE PINUS EM DIFERENTES IDADES. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 807–817, set. 2017. DOI 10.5902/1980509828631. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cflo/a/vSjkZS3rYf9Ns4XbZ3Qx79Q/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Dinâmica da matéria orgânica no ambiente. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, , p. 41, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/744147/dinamica-da-materia-organica-no-ambiente>. Acesso em: 1 set. 2021.

PINTO, L. A. da S. R.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, O. A. Q. dos; SOUZA, R. S. de; MORAIS, I. de S.; FERREIRA, R.; JUNIOR, W. F. da S.; MARTELLETO, L. A. P. Carbono orgânico e agregação do solo em áreas sob diferentes densidades de plantio da cultura da bananeira/ Organic carbon and soil aggregation in banana planting areas under different cropping densities. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10268–10285, 5 mar. 2020. DOI 10.34117/bjdv6n3-053. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/7374>. Acesso em: 17 nov. 2021.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, p. 13, 2011. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/342>. Acesso em: 1 set. 2021.

QUINTÃO, J. M. B.; CANTINHO, R. Z.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M. de; MARACAHIPES, L.; BUSTAMANTE, M. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. *Ciência e Cultura*. v. 73, n. 1, p. 18–24, 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602021000100004>. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252021000100004&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252021000100004&script=sci_arttext). Acesso em: 18 set. 2021.

R. CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. [http s. \[S. l.: s. n.\]](http://www.R-project.org/), 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REIS, D. A.; PORTELLA, R. B.; FAGUNDES, M. O.; JÚNIOR, F. R. F.; DE SOUZA SANTOS, J. R.; BOGIANI, J. C.; PERINA, F. J. Grau de dispersão, biomassa microbiana e carbono orgânico de um latossolo cultivado com soja sob plantio convencional e direto no cerrado (savana) do oeste da Bahia, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 363–375, 2019. DOI 10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0030. Disponível em: <http://sustenere.co/index.php/rica/article/view/2751>. Acesso em: 27 set. 2021.

RITCHIE, H.; ROSER, M. CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. **Our World in Data**, 11 maio 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>. Acesso em: 24 nov. 2021.

ROCHA, A. F. B. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroecológicos no Cerrado Mineiro**. 2021. 46 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32517>. Acesso em: 17 set. 2021.

ROSA; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. de; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, p. 221–230, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/kZdPtx3nNKHFqCg5rhsbCzs/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2021.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. dos S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, v. 26, p. 333–351, ago. 2014. DOI 10.1590/1982-451320140210. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/sn/a/tDgH4fv7TQqhBKjHGxbwHTz/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2021.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. de A. Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. **Embrapa Agropecuária Oeste-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2002. .

ROSSI, C. Q. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2009. Disponível em: <https://tede.ufrjr.br/jspui/handle/tede/275>. Acesso em: 1 set. 2021.

RUFINO, D. C. **Caracterização química e estoque de carbono no solo sob agroecossistemas e mata nativa**. 2018. Dissertação em Ciências Agrárias (Agroecologia) – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, BANANEIRAS - PB, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br>. Acesso em: 1 set. 2021.

SÁ. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. 2001. 156 f. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2001. DOI 10.11606/T.11.2020.tde-20200111-152646. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20200111-152646/>. Acesso em: 1 set. 2021.

SÁ. **Qualidade e bioatividade das substâncias húmicas de solos cultivados com plantas de cobertura**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/2553>. Acesso em: 2 nov. 2021.

SANTOS, G. G. dos. **Emissão de gases de efeito estufa da mudança de uso do solo e potencial de sequestro de C-CO<sub>2</sub> pela recuperação de pastagens degradadas para o estado do Pará, 2008 a 2019**. 2021. 47 f. Trabalho de Conclusão

de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de São Carlos, ARARAS, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14668>. Acesso em: 18 set. 2021.

SANTOS; MACHADO; LOSS; DORTZBACH. DENSIDADE DO SOLO E ESTOQUES DE CARBONO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO. **X Seminário de Pesquisa Interdisciplinar**, p. 11, 2019. Disponível em: <https://pec.unisul.br/index.php/SPI/XSPI/paper/view/96>. Acesso em: 1 set. 2021.

SANTOS; OZÓRIO, J. M. B.; ROSSET, J. S.; BISPO, L. S.; FARIA, E.; DE PIERRI CASTILHO, S. C. Estoque de carbono e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas manejadas e nativa na Região Cone-Sul de Mato Grosso do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. 339–354, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7666>. Acesso em: 1 set. 2021.

SERENO, L. G. F. **Crescimento econômico e emissões de gases de efeito estufa: uma análise de cointegração em painel para os estados brasileiros de 2002 a 2015**. 2019. 111 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. . Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA. **Uso de geotecnologias para estimativas das emissões e remoções de gases de efeito estufa no Bioma Caatinga**. 2019. 75 f. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife, 2019. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/34047>. Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA. **Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo e sua importância na produtividade da soja**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia, 2021.

SILVA, C. M. da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Varia Historia**, v. 34, p. 409–444, ago. 2018. DOI 10.1590/0104-87752018000200006. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/vh/a/QJwHqKNbfZkcxhPRQWpBgRq/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2021.

SILVA JÚNIOR, J. da. **Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano**. 2019. 94 f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25179>. Acesso em: 1 set. 2021.

SILVA; LOPEZ; BOAS; DA SILVA. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009. .

SILVA, T. D. C. **CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO EM SOLO DE BANANAL IRRIGADO E SUBMETIDO A PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS**. 2013. 81 f. Dissertação – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza, 2013. . Acesso em: 1 set. 2021.

SOARES. **Dinâmica da matéria orgânica e qualidade do solo em sistemas de produção agropecuários**. 2021. 124 f. Tese de doutorado – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” - UNESP, Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/214020>. Acesso em: 1 set. 2021.

SOARES, L. da S. Teores e estoques de nitrogênio do solo sob diferentes usos e manejos nos biomas caatinga e cerrado. 27 set. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br>. Acesso em: 1 set. 2021. (Accepted: 2019-05-23T11:49:45Z).

SOTERRONI, A. C.; RAMOS, F. M.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A. X. Y. de; CÂMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P. R.; SOUZA, R. C.; PENNA, M. G.; MANT, R.; PIRKER, J.; KRAXNER, F.; HAVLIK, P.; KAPOV, V. Modelagem de mudanças de uso da terra no Brasil: 2000-2050. **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: [s. n.], 2016. v. Capítulo 11, . Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9261>. Acesso em: 24 set. 2021.

SOUZA. **Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis**. [S. l.]: Vitória-ES: Incaper, 2005., 2014. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/1093>. Acesso em: 2 nov. 2021.

SOUZA. **Emissão de CO2 do solo em pastos degradado, manejado e consórcio silvipastoril no Cerrado**. 2020. 65 f. Tese de Doutorado – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” - UNESP, Ilha Solteira, 2020.

SOUZA; GOMES, E. G.; DE FREITAS, A. C. R.; FERNANDES, P. C. C.; CAMBOIM, C. E. Assessing the impact of the ABC Cerrado Project. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 51, n. Pesq. Agropec. Trop., p. 9, 2021. Disponível em: [www.agro.ufg.br/pat](http://www.agro.ufg.br/pat). Acesso em: 1 set. 2021.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. . Acesso em: 28 set. 2021.

TOMAZI, M. **Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do Cerrado sob sistemas de uso e manejo**. 2008. 120 f. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/60474>. Acesso em: 1 set. 2021.

TONON, L.; BORSZOWSKI, P. R. PERDA DE CARBONO DO SOLO DEVIDO A CONVERSÃO DE VEGETAÇÃO NATURAL PARA SISTEMA CONVENCIONAL E ESTIMATIVA DE RECUPERAÇÃO UTILIZANDO CENÁRIO ATRAVÉS DE UM MODELO UNICOMPARTIMENTAL. **Revista TechnoEng-ISSN 2178-3586**, v. 1, 2020. .

ZILLI, J. É.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. da C.; NEVES, M. C. P. DIVERSIDADE MICROBIANA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 20, n. 3, p. 391–411, 1 jan. 2003. DOI 10.35977/0104-1096.cct2003.v20.8751. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8751>. Acesso em: 2 nov. 2021.

