



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA-UNEB  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS-CAMPUS IX  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB SISTEMAS  
DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NO OESTE DA BAHIA**

**DÉBORA PINHEIRO DA COSTA**

Barreiras-BA  
Novembro, 2023

DÉBORA PINHEIRO DA COSTA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB SISTEMAS  
DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NO OESTE DA BAHIA**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado da Bahia – UNEB – Campus IX, como requisito parcial para Conclusão do Curso de Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Alves Costa.

Barreiras-BA  
Novembro, 2023

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA-UNEB  
Departamento de Ciências Humanas-Campus IX

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB SISTEMAS  
DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NO OESTE DA BAHIA**

AUTORA: DÉBORA PINHEIRO DA COSTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ADILSON ALVES COSTA

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. Adilson Alves Costa  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Jorge da Silva Júnior  
(Examinador Interno 1)



---

Prof. MSc. Uldérico Rios Oliveira  
(Examinador Externo 1)

Data de realização: 25/11/2023

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio”

Ana Primavesi

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração, que me guiou ao longo desta jornada acadêmica, iluminando cada passo do caminho.

Aos meus amados avós, João Alves Pinheiro e Genilda Teixeira Pinheiro, cujo amor incondicional, apoio e valores moldaram minha vida de maneira profunda. Suas histórias de vida, experiências e conselhos foram uma fonte constante de inspiração e força. Este TCC é uma homenagem a vocês, que sempre acreditaram em mim e me encorajaram a perseguir meus sonhos.

Que este trabalho reflita não apenas o meu esforço, mas também o amor, a dedicação e a gratidão que sinto por todos que fizeram parte desta jornada.

Com amor e eterna gratidão!

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha profunda gratidão a Deus pelo dom da vida, por sua orientação constante, fortalecendo minha fé diariamente e nunca me permitindo desistir dos meus sonhos.

Expresso minha sincera gratidão aos meus avós, João Alves Pinheiro e Genilda Teixeira Pinheiro, por estarem sempre ao meu lado, apoiando, torcendo e me incentivando.

Agradeço a minha mãe, Rozenilda Pinheiro, meu padrasto, Amailton Gama, e meu irmão, Ricardo Gama, por todo o carinho e incentivo ao longo desta jornada.

À minha tia Eliana Costa, minha eterna gratidão pelo amor e apoio incondicional.

Aos meus padrinhos, Joilma Costa e Gilson Costa, que generosamente abriram as portas de sua casa para que eu pudesse estudar, meu muito obrigado. Às minhas primas, Rafaela Costa e Manuela Costa, pelo apoio e parceria ao longo destes anos de faculdade.

Quero expressar minha gratidão a todos os meus tios paternos e maternos pelo amor, carinho e ajuda que me proporcionaram durante esses anos.

À Universidade do Estado da Bahia – UNEB, por me proporcionar o conhecimento necessário para enfrentar adversidades, superar dificuldades e tomar decisões ao longo da minha formação no curso de Engenharia Agrônômica.

Agradeço ao meu namorado, Isaac Leal, pela paciência e companheirismo ao longo desta jornada.

Aos vínculos de amizade que estabeleci durante o curso, que me acompanharam diariamente nesta jornada, compartilhando experiências, momentos felizes e difíceis, conquistas e conhecimento. A vocês, minhas queridas amigas, Shirley Danieli, Emanuely Lopes, Taynara Sateles e Natieli Santos, expresso minha sincera gratidão. Além disso, expresso minha gratidão às minhas amigas de longa data, Ana Carine Barros, Jucy Souza e Daiane Pinheiro, por estarem sempre ao meu lado e me apoiando.

Gratidão ao meu orientador, o Prof. Dr. Adilson Alves Costa, pela paciência, colaborações e conhecimentos ao longo da graduação e na realização deste trabalho.

Agradeço ao grupo de pesquisa SOMA (Solos e Meio Ambiente) por todo o aprendizado ao longo destes anos.

Agradeço a Associação de Irrigantes da Bahia-AIBA, pela oportunidade de realizar o estágio no qual pude coletar os dados dessa pesquisa.

Ao corpo docente do curso, em especial aos professores Jorge da Silva Junior, Leandra Brito Oliveira, Marco Antonio Tamai e Ulderico Rios de Oliveira, por estarem sempre dispostos a compartilhar conhecimento da melhor forma possível.

Agradeço também a todos os colaboradores da UNEB-Campus IX, em especial ao senhor Carlos, conhecido carinhosamente como "Figurinha", por toda alegria e cuidado com os discentes.

Por fim, expresso minha gratidão aos meus colegas de sala pela convivência e troca de experiências, aos meus amigos que conquistei ao longo desta jornada e a todas as demais pessoas que torcem por mim.

## RESUMO

A conversão do Cerrado em áreas agrícolas tem prejudicado a qualidade do solo devido ao uso de práticas de manejo convencionais, resultando na degradação dos atributos do solo e na redução da matéria orgânica e aumento da emissão de CO<sub>2</sub>. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de distintos sistemas de manejo sobre os atributos químicos e biológicos do solo em áreas do Cerrado na Bahia. A pesquisa foi realizada no município de Correntina-BA. Foram estudadas três áreas com diferentes usos do solo: área de plantio direto, área de plantio convencional e área de cerrado nativo. As variáveis analisadas foram: macronutrientes (Ca, Mg, K e P), micronutrientes (B, Fe, Zn, Cu, Mn), Atividade enzimática ( $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase), determinação da emissão de CO<sub>2</sub>, determinação da temperatura do solo e umidade. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a avaliação da interação entre emissão de dióxido de carbono, C-CO<sub>2</sub>, temperatura do solo, t °C e umidade gravimétrica do solo Ug, foi utilizado os coeficientes de correlações de Pearson e para os gráficos utilizou-se o sigmaplot versão 10. Os resultados indicaram uma maior concentração de macronutrientes e micronutrientes no solo do sistema de plantio direto. No âmbito biológico, as enzimas  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase demonstraram maior atividade nesse sistema de manejo. A análise das emissões de CO<sub>2</sub> revelou diferenças significativas, influenciadas tanto pelo sistema de manejo quanto pelo período do ano. A umidade surgiu como um fator determinante, associando os meses mais úmidos a menores emissões de CO<sub>2</sub>. Além disso, a temperatura também desempenhou um papel, destacando-se que os meses mais quentes resultaram em maiores emissões de CO<sub>2</sub> nos sistemas de manejo adotados.

**Palavras-chave:** Cerrado, Sistemas de manejo, emissão de CO<sub>2</sub>

## ABSTRACT

The conversion of the Cerrado into agricultural areas has harmed soil quality due to the use of conventional management practices, resulting in the degradation of soil attributes and a reduction in organic matter and increased CO<sub>2</sub> emissions. The aim of the work was to evaluate the effect of different management systems on the chemical and biological attributes of the soil in areas of the Cerrado in Bahia. The research was carried out in the municipality of Correntina-BA. Three areas with different land uses were studied: direct planting area, conventional planting area and native cerrado area. The variables analyzed were: macronutrients (Ca, Mg, K and P), micronutrients (B, Fe, Zn, Cu, Mn), enzymatic activity ( $\beta$ -glucosidase and arylsulfatase), determination of CO<sub>2</sub> emission, determination of soil temperature and humidity. The results were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at 5% probability. To evaluate the interaction between carbon dioxide emissions, C-CO<sub>2</sub>, soil temperature, t °C and gravimetric soil humidity Ug, Pearson's correlation coefficients were used and sigmaplot version 10 was used for the graphs. results indicated a higher concentration of macronutrients and micronutrients in the soil of the no-till system. At the biological level, the enzymes  $\beta$ -glucosidase and arylsulfatase demonstrated greater activity in this management system. The analysis of CO<sub>2</sub> emissions revealed significant differences, influenced both by the management system and the period of the year. Humidity emerged as a determining factor, associating wetter months with lower CO<sub>2</sub> emissions. Furthermore, temperature also played a role, highlighting that the warmer months resulted in greater CO<sub>2</sub> emissions in the management systems adopted.

**Keywords:** Cerrado, Management systems, CO<sub>2</sub> emissions

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa de localização da cidade de Correntina e das fazendas que foram coletadas as amostras.....21
- Figura 2:** Efeito dos diferentes sistemas de manejo do solo, ACN (Área sob vegetação de Cerrado Nativo), APC (Área sob sistema de Plantio Convencional) e APD (área sob sistema de Plantio Direto) na emissão de dióxido de carbono, C-CO<sub>2</sub>, (A), temperatura do solo, t, °C, (B) e umidade gravimétrica do solo, Ug. (C) no período de julho a dezembro de 2022 no Cerrado da Bahia. Barras significa o erro padrão da média.....30

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Valores médios de pH e dos Macronutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Fósforo (P), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia. ....	27
<b>Tabela 02:</b> Valores médios de Boro (B), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia. ....	28
<b>Tabela 03:</b> Valores médios de Soma das bases (SB), Capacidade de troca de cátions (CTC), Hidrogênio+ Alumínio (H+Al) e Matéria orgânica do solo (MOS), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia.....	29
<b>Tabela 04:</b> Valores médios das enzimas $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase, em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia. ....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 O uso do solo no Cerrado Baiano.....	15
2.2 Influência dos sistemas de manejo nos atributos químicos .....	16
2.3 Influência dos sistemas de manejo nos atributos biológicos.....	17
2.4 Atividade enzimática do solo .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 Localização e caracterização da área de estudo .....	21
3.3 Amostragem e análises laboratoriais .....	22
3.4 Variáveis analisada.....	22
3.4.1Macronutrientes .....	22
3.4.2 Micronutrientes .....	23
3.4.3 Atividade enzimática ( $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase).....	23
3.4.4 Respiração edáfica (determinação da emissão de C-CO <sub>2</sub> ).....	23
3.4.5 Determinação da temperatura e umidade gravimétrica do solo.....	24
3.5 Análise estatística.....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
4.1 Atributos químicos .....	26
4.2Atributos Biológicos .....	29
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Cerrado brasileiro surgiu como um importante polo de produção agropecuária, consolidando-se como a maior região produtora de grãos, fibras e carne bovina do Brasil. No entanto, esse crescimento econômico vem acompanhado do uso intensivo do solo para a agricultura, caracterizado pelo revolvimento do solo e pela aplicação frequente de defensivos agrícolas. Essas práticas têm provocado alterações substanciais nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (CUNHA, 2018).

Conforme apontado por Ribeiro (2016), a agricultura sustentável é aquela que consegue manter ou melhorar a qualidade dos recursos naturais, como solo, ar e água. No entanto, é importante destacar que práticas como monocultura e intensa mecanização agrícola podem contribuir para a degradação do solo, comprometendo a conservação dos recursos naturais, como solo e água. Portanto, garantir a qualidade do solo exige a manutenção e o aprimoramento de seus atributos, bem como a contínua capacidade de produzir alimentos e fibras (FREITAS et al., 2021).

A conversão de áreas antes consideradas nativas, como o bioma Cerrado, para práticas agrícolas, tem evidenciado um desequilíbrio significativo na qualidade do solo. Esse fenômeno é amplamente atribuído ao emprego do sistema de manejo convencional, o qual resultou na degradação dos atributos do solo, incluindo notáveis alterações na matéria orgânica e, conseqüentemente, o aumento da emissão de CO<sub>2</sub>. Portanto, torna-se cada vez mais a necessidade de adotar modelos de manejo e uso do solo que priorizem tanto a preservação quanto a melhoria desses atributos (DE MIRANDA et al., 2020).

Em decorrência do impacto negativo dos sistemas de uso do solo, práticas conservacionistas têm sido propostas com o intuito de reduzir modificações no ambiente. Neste sentido, o sistema de plantio direto tem se destacado como alternativa de produção sustentável (ALMEIDA, 2021).

O Sistema Plantio Direto (SPD), abrange atualmente mais de 33 milhões de hectares da área cultivada no Brasil (FEBRAPDP, 2022). O SPD é reconhecido como uma técnica agrícola sustentável de alcance global, devido à sua capacidade comprovada de minimizar a erosão do solo, aprimorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o SPD contribui para o aumento da biodiversidade e exerce um impacto positivo no ciclo hidrológico (VALLE, 2015).

No solo, ocorrem várias interações entre os atributos químicos e biológicos, influenciando os processos e características que variam ao longo do tempo e do espaço. Portanto, qualquer modificação no solo tem o potencial de afetar diretamente a sua atividade biológica, e, conseqüentemente, sua fertilidade. Diante disso, a variação desses atributos, determinada pelo manejo e uso do solo, e sua avaliação são importantes para o melhor manejo visando à sustentabilidade do sistema. Avaliar essas mudanças é uma tarefa complexa que deve ser baseada em um conjunto de indicadores específicos, uma vez que tem sido observado que indicadores isolados não conseguem explicar adequadamente as variações na produtividade de um determinado solo (CARNEIRO, 2009).

Atualmente, possuímos conhecimento acerca dos impactos individuais de diferentes práticas de manejo e uso do solo sobre os atributos químicos e biológicos. Entretanto, é essencial conduzir avaliações abrangentes que considerem esses atributos de forma integrada, especialmente quando se trata de solos no bioma Cerrado. Nesse contexto, o presente estudo teve como principal objetivo avaliar o efeito de sistemas de manejo sobre os atributos químicos e biológicos do solo em áreas do Cerrado na Bahia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O uso do solo no Cerrado Baiano

O Cerrado, um dos principais hotspots de biodiversidade no mundo, abrange uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup> no território brasileiro, ocupando 198 milhões de hectares e representando o segundo maior bioma da América do Sul. Reconhecido como a savana mais rica em biodiversidade globalmente, o Cerrado abriga uma impressionante diversidade de 11.627 espécies de plantas nativas, distribuídas em uma variedade de habitats que resultam em alternâncias notáveis de espécies (MMA, 2022).

Este bioma é de grande interesse devido a uma série de fatores, incluindo preocupações humanas, ecológicas e econômicas. O clima predominante no Cerrado é tropical sazonal, caracterizado por duas estações bem definidas: a seca, que abrange de 4 a 7 meses (de abril a setembro), e a estação chuvosa, concentrada na primavera e verão (de outubro a março). Durante a estação chuvosa, as precipitações variam entre 1.200 e 1.800 mm, com uma temperatura média anual de aproximadamente 22-23 °C (RESCK et al., 2008).

Apesar de grande parte dos solos do Cerrado ser adequada para a agricultura, sua sustentabilidade e capacidade de manter a produtividade, bem como a qualidade do solo, são vulneráveis. Os solos neste bioma são altamente intemperizados, com baixa reserva de nutrientes para as plantas, baixa capacidade de troca de cátions, alta acidez (baixo pH e elevada saturação por alumínio) e baixos teores de matéria orgânica, o que resulta em uma fertilidade natural limitada. Essas características tornam os solos suscetíveis à degradação, especialmente quando o manejo agrícola não é adequado (DOS SANTOS, 2013).

Os solos predominantes no Cerrado pertencem às seguintes ordens: Argissolo, Cambissolo, Gleissolo, Latossolo e Luvisolo (EMBRAPA, 2006).

A Região Oeste da Bahia, que consiste principalmente no Bioma Cerrado, faz fronteira com os estados de Goiás e Tocantins, abrangendo municípios como Baianópolis, Barreiras, Cocos, Correntina, Formosa do Rio Preto, Jaborandi, Luís Eduardo Magalhães, Riachão das Neves e São Desidério.

Nessa região, aproximadamente 2,4 milhões de hectares são cultivados, com destaque para a soja (*Glycine max Merrill*), que ocupa cerca de 1,6 milhão de hectares. Outras culturas incluem milho (*Zea mays*), algodão (*Gossypium hirsutum*), café (*Coffea arabica*), sorgo (*Sorghum bicolor*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e várias outras (AIBA, 2017).

Dentro dessas áreas de cultivo, a busca por práticas de manejo sustentável é uma preocupação constante, promovida por entidades de pesquisa e organizações locais. As práticas conservacionistas do solo incluem o uso adequado de agrotóxicos, corretivos e fertilizantes, bem como a implementação de técnicas como o plantio direto na palha, que contribui significativamente para a matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade do solo.

É importante ressaltar que diferentes práticas de manejo do solo têm sido associadas a variações nos atributos físicos, químicos e biológicos do Cerrado. Portanto, a necessidade de avaliar esses atributos em conjunto, especialmente em relação aos solos deste bioma, é crescente. Com a rápida expansão da agricultura no Cerrado, é crucial encontrar um equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação dos recursos naturais, a fim de promover o desenvolvimento sustentável (SILVA, 2019).

## **2.2 Influência dos sistemas de manejo nos atributos químicos**

A degradação do solo é um dos fatores que mais rapidamente afeta a sua qualidade química. Conforme apontado pela pesquisa conduzida por Spagnollo (2004), a modificação no uso da terra leva a uma diminuição da qualidade do solo, principalmente quando áreas anteriormente cobertas por vegetação nativa são convertidas em áreas de cultivo. Essa transformação do solo é acompanhada por alterações nas propriedades químicas, resultantes da remoção da cobertura vegetal natural e do cultivo de culturas agrícolas.

O uso de corretivos e fertilizantes na camada arável também contribui para modificar as características originais do solo (FREITAS et al., 2014). No entanto, é relevante mencionar que a magnitude dessas mudanças é influenciada por diversos fatores, como o tipo de cultura implementada, as práticas de manejo adotadas, a classe e a fertilidade inicial do solo, bem como as interações complexas entre os diferentes nutrientes e seu comportamento físico-químico no ambiente do solo (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000).

Dentre os diversos atributos químicos do solo, merecem evidência o pH, os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), hidrogênio (H) e de fósforo (P). Através desses e outros atributos é possível calcular a Soma de Bases Trocáveis (SB), a Capacidade de Troca Catiônica Potencial (CTC), a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC efetiva), a acidez potencial (H + Al), a Saturação por Alumínio e a Saturação por Bases (V) (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Diante da importância que o conhecimento dos atributos químicos exerce no manejo adequado dos solos, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos a partir da análise deles, sobretudo, avaliando a possível interação existente entre os sistemas de manejo e a disponibilidade nutricional para as plantas.

No entanto, é importante ressaltar que não é uma tarefa simples encontrar solos com características físico-químicas ideais. Uma série de fatores, desde a formação do solo até o manejo agrícola específico para determinada cultura, pode tanto prejudicar solos naturalmente férteis quanto melhorar solos que, inicialmente, não possuem qualidade. Portanto, podemos identificar três conceitos fundamentais de fertilidade do solo: a fertilidade natural, decorrente do processo de formação do solo; a fertilidade atual, que se refere ao estado do solo após intervenção humana; e a fertilidade potencial, que se manifesta sob condições específicas (TOMM et al., 2007).

Conforme destacado por Camargos (2005), a fertilidade do solo é uma parte essencial da ciência do solo que se dedica ao estudo da capacidade do solo em fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Esse método investiga quais elementos são essenciais, quando e em que quantidade eles podem interagir com as plantas, identificando fatores que podem limitar sua disponibilidade e métodos para corrigir deficiências ou excessos. Cada nutriente é minuciosamente analisado para compreender suas transformações, mobilidade e como eles se tornam acessíveis às plantas.

Nesse contexto, o entendimento das alterações químicas no solo decorrentes da agricultura contínua fornece subsídios valiosos para a adoção de práticas de manejo que possam aumentar a produtividade das culturas, garantindo, ao mesmo tempo, a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas (FREITAS et al., 2012).

### **2.3 Influência dos sistemas de manejo nos atributos biológicos**

Uma das medidas para se avaliar as mudanças do solo é o uso dos atributos microbiológicos, bioindicadores que detectam possíveis alterações ambientais em um curto período de tempo (SILVA, 2008).

Os principais indicadores usados para avaliar a qualidade microbiológica do solo incluem o teor de carbono na biomassa microbiana, a atividade microbiana, o quociente metabólico e a atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase (associada ao ciclo do carbono), fosfatase ácida (envolvida no ciclo do fósforo) e arilsulfatase (relacionada ao ciclo do enxofre).

A atividade geral da biomassa microbiana é analisada através da emissão de CO<sub>2</sub> do solo sendo influenciado pelo clima, propriedades físicas e químicas e práticas agrícolas (GAMA; RODRIGUES,1999). Esse processo conhecido como respiração microbiana, que consiste na oxidação biológica da matéria orgânica a CO<sub>2</sub> pelos microrganismos aeróbios, ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres, esta pode ser determinada pela produção de CO<sub>2</sub> ou consumo de O<sub>2</sub> (BROOKES, 1995). A respiração microbiana diminui de acordo com a profundidade do solo e se correlaciona com a quantidade de matéria orgânica e outros indicadores biológicos, existe uma variação na respiração de acordo com o sistema de produção sendo esta variável sensível ao uso de pesticidas e metais pesados (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

O solo representa a maior reserva de carbono nos sistemas terrestres, contendo aproximadamente 2,5 x 10<sup>15</sup> kg. Estima-se que a atividade humana libere anualmente cerca de 7,5 x 10<sup>12</sup> kg de carbono do solo para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A literatura científica tem demonstrado um aumento consistente na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, e estima-se que a agricultura contribua com aproximadamente 20% do efeito estufa global. Nesse contexto, a tomada de decisões sobre os métodos de preparo do solo e práticas agrícolas adotadas torna-se crucial para mitigar o impacto das atividades agrícolas no efeito estufa (DE MATOS, 2009).

As operações de preparo do solo aumentam a aeração, facilitando o acesso ao oxigênio essencial para a microbiota responsável pela decomposição da matéria orgânica. Variações na temperatura e umidade proporcionam condições ideais para a atividade microbiana, acelerando o processo de degradação da matéria orgânica (SILVA-OLAYA et al., 2013). O aumento na intensidade do preparo do solo tende a resultar em uma maior taxa de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera devido à desagregação dos agregados do solo, expondo parte do carbono anteriormente protegido à ação microbiana, tornando-o mais suscetível à mineralização (REICOSKY; ARCHER, 2007; SCHWARTZ et al., 2010).

Estudos conduzidos por Maia et al., (2010), em regiões de cerrado, observa-se que o tipo de solo não exerce um papel dominante nas variações do estoque de carbono no solo. Pelo contrário, as práticas agrícolas desempenham um papel preponderante na determinação do estoque de carbono no solo. De acordo com o autor, em áreas de floresta densa que passaram pela conversão para o plantio direto, após a remoção da vegetação nativa, observou-se um impacto mínimo ou mesmo um aumento no armazenamento de carbono no solo após 20 anos de uso agrícola. Esse exame do armazenamento de carbono no solo

em diferentes estágios de sucessão, resultantes de diferentes tipos de uso e manejo do solo, aponta que o carbono perdido devido às práticas de manejo ao longo dos anos pode ser restaurado e, em alguns casos, aumentado em relação à área nativa não modificada, conforme evidenciado por Gatto et al. (2010).

Além disso, Sampaio et al., (2008), identificaram que as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera em áreas de cerrado apresentam valores de respiração edáfica mais baixos em comparação com outras áreas estudadas. Isso sugere que a mata nativa exibe maior estabilidade na dinâmica do carbono do solo. Portanto, a respiração edáfica pode ser uma ferramenta útil para monitorar as mudanças na dinâmica do carbono do solo em solos que foram impactados por atividades antrópicas, como o estabelecimento de culturas (SOUTO et al., 2009).

Babujia et al., (2010), realizaram uma análise dos atributos microbiológicos em um Latossolo brasileiro após 20 anos de práticas de plantio direto e convencional, incluindo o carbono da biomassa microbiana (CBM), o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), os estoques de nitrogênio (N) e o carbono total (CT), bem como a atividade respiratória. Eles observaram um aumento significativo em todos esses atributos microbiológicos no sistema de plantio direto em comparação com o plantio convencional, com incrementos de 35%, 23% e 67%, respectivamente.

Estudos têm demonstrado que a adoção de práticas de revolvimento mínimo do solo e o uso de sistemas de plantio que mantêm os resíduos culturais abaixo da superfície do solo pode resultar em um aumento médio de até cinco vezes na acumulação de carbono no solo em comparação com o sistema de plantio convencional (DENDOOVEN et al., 2012).

Além disso, a presença de cobertura vegetal não apenas desempenha um papel fundamental na proteção do solo, mas também exerce um impacto positivo no desenvolvimento das plantas, na comunidade microbiana do solo e em sua atividade. Isso, por sua vez, contribui para o aumento do teor de matéria orgânica no solo (BASTIDA et al., 2008).

## **2.4 Atividade enzimática do solo**

As enzimas presentes no solo desempenham um papel fundamental na promoção de reações químicas que resultam da decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. A capacidade das enzimas em servir como indicadores altamente sensíveis às mudanças ocorridas no solo devido ao uso e manejo tem sido amplamente investigada no

contexto do bioma Cerrado brasileiro (MENDES et al., 2003; BALOTA et al., 2004; MENDES et al., 2015).

Dentre as diversas enzimas estudadas, a  $\beta$ -glucosidase, a arilsulfatase e a fosfatase ácida emergem como algumas das mais empregadas como indicadores de qualidade do solo (MENDES et al., 2018). A  $\beta$ -glucosidase, em particular, desempenha um papel crucial no solo, pois catalisa a hidrólise da celobiose, a última etapa da degradação da celulose. Esta reação resulta na liberação de duas moléculas de glicose, que servem como fonte vital de energia para os microrganismos do solo. Devido à sua notável sensibilidade às mudanças no manejo e pH do solo, bem como à sua relação com a atividade biológica e à capacidade do solo de estabilizar a matéria orgânica, a mensuração da atividade da  $\beta$ -glucosidase é frequentemente adotada como um indicador de qualidade do solo (TABATABAI, 1994).

A adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) pode desempenhar um papel significativo no aumento da atividade da  $\beta$ -glucosidase em comparação com o sistema de preparo convencional do solo (PANDEY et al., 2014; LOPES et al., 2015). Esse aumento ocorre devido à celulose ser o principal componente desses resíduos vegetais, o que facilita a hidrólise da celobiose e, conseqüentemente, a maior liberação de glicose para os microrganismos do solo. Portanto, o monitoramento da atividade desta enzima é essencial devido à sua estreita associação com o ciclo do carbono no solo (MENDES et al., 2015).

A enzima arilsulfatase desempenha um papel importante no ciclo do enxofre (S) no solo, atuando na hidrólise de ésteres de sulfato, o que resulta na mineralização do S orgânico em S inorgânico. Uma parcela significativa das arilsulfatases é secretada por bactérias em resposta à limitação de enxofre, e sua presença está correlacionada com a biomassa microbiana do solo e com a taxa de imobilização do S (TABATABAI, 1994; BALOTA et al., 2013).

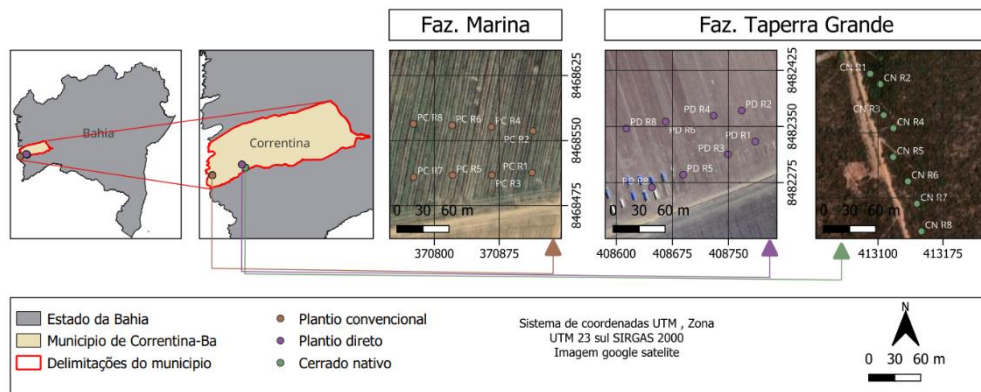
A análise da atividade enzimática desempenha um papel crucial como um indicador fundamental para monitorar as transformações que ocorrem no solo como resultado das práticas de uso e manejo. Além disso, ela se configura como uma ferramenta de grande valor no planejamento e na avaliação de estratégias de manejo, visando à preservação da saúde dos solos no bioma Cerrado.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em fazendas de produção de grãos e fibras, localizadas no município de Correntina-BA, este município está situado em uma área com aproximadamente 1.210.035 hectares e abriga uma população de cerca de 31.900 habitantes. Está localizado a 500 km de Brasília e 980 km de Salvador, situando-se entre as coordenadas de Latitude 13° 20' 25" Sul e Longitude 44° 38' 35" Oeste, com uma altitude de 575 metros acima do nível do mar (Figura 1).

**Figura 1:** Mapa de localização da cidade de Correntina e das fazendas que foram coletadas as amostras.



O clima predominante na região é do tipo AW tropical de savana, caracterizado por um inverno seco e um verão chuvoso. A temperatura média máxima atinge 34 °C, enquanto a média mínima é de 14 °C. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 64%. O período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a abril, enquanto o período seco compreende os meses de maio a setembro, quando se observa um déficit hídrico na região (LIMA, 2010).

O solo utilizado como objeto de estudo foi classificado como LOTOSSOLO VERMELHO, de acordo com as diretrizes da Embrapa (2009),

#### 3.2 Seleção das áreas de estudo

O estudo abrangeu um período de seis meses, que se estendeu de julho a dezembro de 2022. Durante esse intervalo, foram escolhidos três locais distintos para a realização das análises de solo. O primeiro local correspondeu a uma área de Plantio Convencional (APC), o segundo a uma área de Plantio Direto (APD) e o terceiro a uma área de Cerrado Nativo (ACN).

A área de Cerrado Nativo (ACN) foi escolhida com o propósito de servir como referência e base de comparação, representando a condição natural e original do solo na região de estudo.

### **3.3 Amostragem e análises laboratoriais**

As amostras foram coletadas em oito pontos em cada sistema, na camada de 0-10 cm de profundidade. Análises laboratoriais foram realizadas semanalmente para avaliar a respiração edáfica e a umidade do solo. Além disso, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10 cm para a determinação química e análise granulométrica. Todas as amostras foram devidamente identificadas e encaminhadas para o laboratório de Química e Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Campus IX. As análises seguiram a metodologia descrita pela Embrapa (2017).

Para a realização das análises das enzimas, também foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10 cm. Essas amostras foram cuidadosamente acondicionadas em sacos plásticos, com toda a higienização do trado para realizar a coleta de um ponto para outro. As amostras foram colocadas em caixas térmicas para o transporte, chegando no laboratório da universidade foram colocadas na geladeira até serem transportadas em caixas térmicas para o laboratório Laborsolo para a realização das análises enzimáticas. Uma vez no laboratório Laborsolo, a análise das enzimas foi realizada de acordo com a metodologia Bioanálises descrita pela Embrapa (2019).

### **3.4 Variáveis analisada**

Para o estudo, foram avaliadas as seguintes variáveis para atributos químicos: pH, macronutrientes como cálcio, manganês, potássio e fósforo, os micronutrientes, boro, ferro, zinco, cobre e manganês além da SB, CTC, H+Al e MOS. Para os atributos biológicos foi analisado a atividade enzimática ( $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase), Respiração Edáfica (emissão de C-CO<sub>2</sub>). Temperatura e Umidade gravimétrica do solo.

#### **3.4.1 Macronutrientes**

Para a avaliação de pH e os macronutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Fósforo (P), foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10 cm, seguindo todas as normas corretas para a realização da coleta, sendo devidamente identificadas. As análises foram

realizadas em laboratório seguindo os procedimentos e a metodologia preconizada pela Embrapa (2017).

#### **3.4.2 Micronutrientes**

Os micronutrientes, incluindo elementos como Boro (B), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Manganês (Mn). Foram coletadas na profundidade de 0-10 cm e conduzidas para o laboratório no qual foram realizadas as análises seguindo os procedimentos e a metodologia preconizada pela Embrapa (2017)

#### **3.4.3 Atividade enzimática ( $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase)**

Para avaliar as enzimas, coletamos amostras de solo na profundidade de 0-10 cm e as enviamos para o laboratório Laborsolo, onde foram processadas de acordo com a metodologia Bioanálises da Embrapa (2019) para a realização das análises.

#### **3.4.4 Respiração edáfica (determinação da emissão de C-CO<sub>2</sub>)**

A produção de CO<sub>2</sub> foi medida através da respiração do solo, as variáveis foram determinadas num período de seis meses (julho a dezembro de 2022), no decorrer de 24 horas de cada mês, já em campo três câmaras estáticas foram dispostas aleatoriamente em cada área.

Para realizar as análises foram utilizados potes de vidro com capacidade de 500 mL contendo 10 mL da solução de KOH 0,5 N em duplicata e controle, ambos vedados hermeticamente. Esses conjuntos foram colocados sob um balde com capacidade de 29 litros, com as bordas do balde enterradas cerca de 3 cm no solo para evitar trocas gasosas com a atmosfera.

Após o período de incubação, o balde foi retirado e o frasco-amostra foi fechado hermeticamente, coberto com papel filme. Em seguida, foi titulado com ácido clorídrico 0,1 N padronizado, registrando o volume gasto entre a primeira viragem, indicada pela mudança de cor de incolor para rosa purpura após a adição de 3 gotas do indicador fenolftaleína a 1%, e a segunda viragem, indicada pela mudança de cor de amarelo para vermelho alaranjado claro após a adição de 3 gotas do indicador alaranjado de metila a 1%.

A quantificação do CO<sub>2</sub> absorvido foi realizada com base na Equação 1, conforme descrito por Silva et al. (2016).

$$Eq. 1: CO_2 (mg \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}) = \frac{(VA-VB) \cdot M_{HCL} \cdot EqCO_2}{A \cdot T} * \frac{10^4}{3} * 4$$

**Onde:**

VA = Diferença, em ml, entre a 1ª e a 2ª viragem da coloração da amostra;

VB = Diferença, em ml, entre a 1ª e 2ª viragem da coloração do controle ou testemunha;

M<sub>HCl</sub> = molaridade real do HCl (concentração padronizada)

EqCO<sub>2</sub> = equivalente –grama do CO<sub>2</sub> = 44

10<sup>4</sup> = transformação da área para m<sup>2</sup>

4/3 = fator de correção que corrige o valor do efluxo de CO<sub>2</sub> no solo pelo método químico que é submetido em 25%

T= período de permanência da amostra no solo (horas)

A= área de abrangência do balde em cm<sup>2</sup>

**3.4.5 Determinação da temperatura e umidade gravimétrica do solo**

A temperatura do solo foi determinada na profundidade de 5 cm utilizando um geotermômetro digital. A verificação da temperatura ocorreu em dois momentos: antes de colocar os baldes e após a retirada.

A determinação do teor de umidade das amostras de solo foi realizada de acordo com o método padrão estabelecido pela Embrapa (2013), processo envolveu a pesagem inicial das amostras de solo úmido, seguida pela secagem controlada em estufa a uma temperatura constante de 105-110 °C por um período de 24 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente, permitindo a determinação da massa das partículas secas do solo.

O cálculo do teor de umidade foi realizado dividindo a massa de água inicialmente presente na amostra pela massa das partículas secas, expresso em forma de porcentagem.

**3.5 Análise estatística**

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado para a avaliação dos dados. Os dados coletados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, com um nível de significância de 5%. Adicionalmente, as análises estatísticas dos dados foram conduzidas utilizando o *software* estatístico SISVAR (*Statistical Assistance*), na versão 5.6. Para avaliação da interação entre emissão de dióxido de

carbono, C-CO<sub>2</sub>, temperatura do solo, t °C e umidade gravimétrica do solo U<sub>g</sub>, foi utilizado os coeficientes de correlações de Pearson e para os gráficos utilizou-se o SIGMAPLOT versão 10.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atributos químicos

Os resultados da análise química do solo, são apresentados na Tabela 1. Observa-se que os níveis mais elevados de pH são identificados na área de plantio convencional (APC) e plantio direto (APD), sem ocorrer diferença entre os sistemas de manejo. Ao analisar o histórico dessas áreas, foi constatado que em ambas ocorreu a aplicação de calcário, segundo Carvalho et al., (2012), o aumento do pH nestas áreas deve-se principalmente à aplicação de calcário, que tem um impacto mais significativo na camada superficial devido à sua baixa mobilidade ao longo do perfil do solo.

**Tabela 1:** Valores médios de pH e dos Macronutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Fósforo (P), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia.

Tratamentos	Ph	Ca	Mg	K	P
-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----					
Profundidade de 0,00-0,10 cm					
ACN	4,88±0,70b	0,31±0,33c	0,15±0,17b	0,05±0,14b	137,89±18,53a
APC	5,54±0,53a	1,84±0,78b	0,99±0,68ab	0,22±0,22a	133,82±7,51a
APD	6,04±0,56a	3,75±1,67a	2,49±1,50a	0,09±0,21b	45,32±4,41a
DMS	0,51	0,81	1,83	0,06	274,64

ACN= área sob vegetação de cerrado nativo; APC= área de plantio convencional; APD= área de plantio direto, DMS= desvio médio padrão.

Os atributos químicos relacionados aos macronutrientes também foram observados, notando-se que os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram significativos nas áreas de plantio direto. Para Lourente et al., (2011), isso se deve a práticas como a aplicação a lanço, não incorporação do calcário e a adubação com fertilizantes contendo cálcio e magnésio. Conseqüentemente, os nutrientes se concentram nas camadas superficiais em sistemas de manejo com menor revolvimento do solo, enquanto nos manejos com aração mais frequente, os nutrientes são melhor distribuídos no perfil do solo.

No que diz respeito ao potássio (K), as áreas de plantio convencional (APC) apresentam valores significativos, enquanto não foram encontradas diferenças entre a área de cerrado nativo (ACN) e a área de plantio direto (APD). Estudos realizados por Deubel et al., (2011), demonstraram resultados semelhantes, com maiores concentrações de K nas camadas superficiais em sistemas de plantio convencional. Conforme relatado por Frazão et al., (2008),

isso pode ser atribuído ao depósito de KCl na superfície do solo, o qual, devido à baixa mobilidade, propicia o acúmulo de potássio nas camadas superiores.

Em relação ao fósforo (P), não foram observadas diferenças significativas nos teores para os tratamentos analisados.

Ao considerar os micronutrientes (Tabela 2), percebe-se que o valor de Boro (B) foi maior nas áreas de plantio convencional (APC). Isso se deve à influência do pH e da matéria orgânica do solo, com a maior disponibilidade de boro ocorrendo na faixa de pH de 5,0 a 7,0 (DE SOUSA, 2004). Além disso, Soares et al., (2005), justificam, dizendo que, de modo geral, quanto maior o teor de MOS, maior a disponibilidade desse elemento. Na faixa de pH do solo próxima ao neutro, o boro está na forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), e as menores disponibilidades desse nutriente ocorrem em solos mais arenosos e com baixos teores de matéria orgânica, como alguns solos da região dos Cerrados (SANTOS et al., 2021).

**Tabela 02.** Valores médios de Boro (B), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia.

Tratamentos	Bo	Fe	Cu	Mn	Zn
----- mg/dm <sup>3</sup> -----					
Profundidade de 0,00-0,10 cm					
ACN	0,44±0,31b	627,46±13,70a	0,19±0,56a	1,18±0,72c	0,61±0,83b
APC	0,77±0,6a	338,56±8,45b	0,27±0,28a	55,31±1,27b	1,36±0,5ab
APD	0,48±0,28ab	454,73±7,00b	0,94±1,00a	8,14±1,72a	2,33±1,34a
DMS	0,30	156,70	0,83	2,70	1,54

ACN= área sob vegetação de cerrado nativo; APC= área de plantio convencional; APD= área de plantio direto, DMS= desvio médio padrão.

A área de cerrado nativo (ACN), obteve maiores valores de ferro (Fe), devido à escassa intervenção humana e à notável ciclagem de nutrientes pelas plantas nativas, pois para De Freitas et. al., (2017), a combinação de pouca intervenção humana e eficiente ciclagem de nutrientes ajuda a explicar as altas concentrações de ferro no solo.

Em relação ao cobre (Cu), não foram encontradas diferenças nos teores entre os tratamentos.

Os maiores teores de manganês (Mn) e zinco (Zn) em áreas de plantio direto podem ser atribuídos a uma série de fatores relacionados ao sistema de manejo e às práticas agrícolas adotadas. No sistema de plantio direto o solo não sofre revolvimento e isso resulta em uma maior estabilidade das camadas superficiais do solo, que, por sua vez, pode levar a uma menor

lixiviação e maior retenção de nutrientes, incluindo Mn e Zn, nas camadas onde as raízes das plantas estão ativas (NASCENTE et al., 2014).

Além disso, o aumento da matéria orgânica em sistemas de plantio direto, devido à prática de manter a palhada na superfície do solo, cria um ambiente propício para a atividade microbiana. Essa atividade microbiana pode favorecer a disponibilidade e a absorção de nutrientes essenciais, como Mn e Zn, pelas plantas. A redução do revolvimento do solo em sistemas de plantio direto ajuda a minimizar a erosão do solo, o que é benéfico para a preservação de nutrientes no local. Em áreas de plantio convencional, a erosão pode levar à perda de solo e nutrientes (BARRETO et al., 2022).

No que se refere aos valores médios da Soma das Bases (SB) (Tabela 3), observa-se valores maiores na área sob plantio direto (APD). Isso pode ser justificado pelo fato de que os cátions básicos apresentaram valores mais elevados nas áreas de plantio direto, o que, por consequência, resultou em maiores valores de SB nesse sistema.

**Tabela 03.** Valores médios de Soma das bases (SB), Capacidade de troca de cátions (CTC), Hidrogênio+ Alumínio (H+Al) e Matéria orgânica do solo (MOS), em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia.

Tratamentos	SB	CTC	H+Al	MOS
-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----				
Profundidade de 0,00-0,10 cm				
ACN	0,51±0,34c	4,49±1,03b	3,98±1,02a	11,33±2,05ab
APC	3,05±1,04b	6,40±0,86b	3,34±0,83a	8,15±0,92b
APD	6,34±2,24a	9,24±2,19a	2,98±0,81a	13,30±1,48a
DMS	2,19	2,10	1,13	3,82

ACN= área sob vegetação de cerrado nativo; APC= área de plantio convencional; APD= área de plantio direto, DMS= desvio médio padrão.

Em relação à Capacidade de Troca de Cátions (CTC), a elevada CTC observada na área de plantio direto pode ser atribuída a diversos fatores. A acumulação de matéria orgânica na camada superficial do solo, a presença de uma elevada proporção de partículas de argila, o acúmulo de cátions básicos, a redução da ação dos processos de intemperismo e a manutenção de um pH adequado são os principais contribuintes para esse fenômeno (SANTOS, 2017).

Além disso, a ausência de revolvimento do solo em áreas de plantio direto é um fator importante. Essa prática evita a exposição do solo a processos que poderiam reduzir a CTC. A aplicação de fertilizantes e a minimização da lixiviação de cátions básicos também contribuem para o aumento da CTC.

No que se refere ao índice H+Al, não foram observadas diferenças entre as áreas estudadas. Entretanto, no que diz respeito à Matéria Orgânica do Solo (MOS), destaca-se que em áreas de plantio direto apresentou os maiores valores. Essa observação pode ser justificada pela prática do plantio direto, que promove o acúmulo de matéria orgânica no solo. Isso ocorre devido à proteção dos resíduos vegetais na superfície do solo, à ausência de interrupção do solo, à redução da erosão, à melhora na retenção de água e ao estímulo à atividade microbiana. Esses fatores, em conjunto, contribuem para um teor mais elevado de matéria orgânica em comparação com sistemas de manejo que envolvem o revolvimento do solo (ARCOVERDE et al., 2015).

## 4.2 Atributos Biológicos

Na (Tabela 4), foi observado que as atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase foram maiores na área de plantio direto, devido ao maior aporte de resíduos vegetais sobre a superfície do solo e à ausência de revolvimento.

**Tabela 04.** Valores médios das enzimas  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase, em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Vermelho no Cerrado Bahia.

Tratamentos	BETA	ARIL
Profundidade 0,00- 0,10		
ACN	36,14±5,13b	11,42±2,03b
APC	62,14±4,77ab	12,00±2,07b
APD	87,57±5,07a	20,14±2,64a
DMS	34,16	7,26

ACN= área sob vegetação de cerrado nativo; APC= área de plantio convencional; APD= área de plantio direto, DMS= desvio médio padrão.

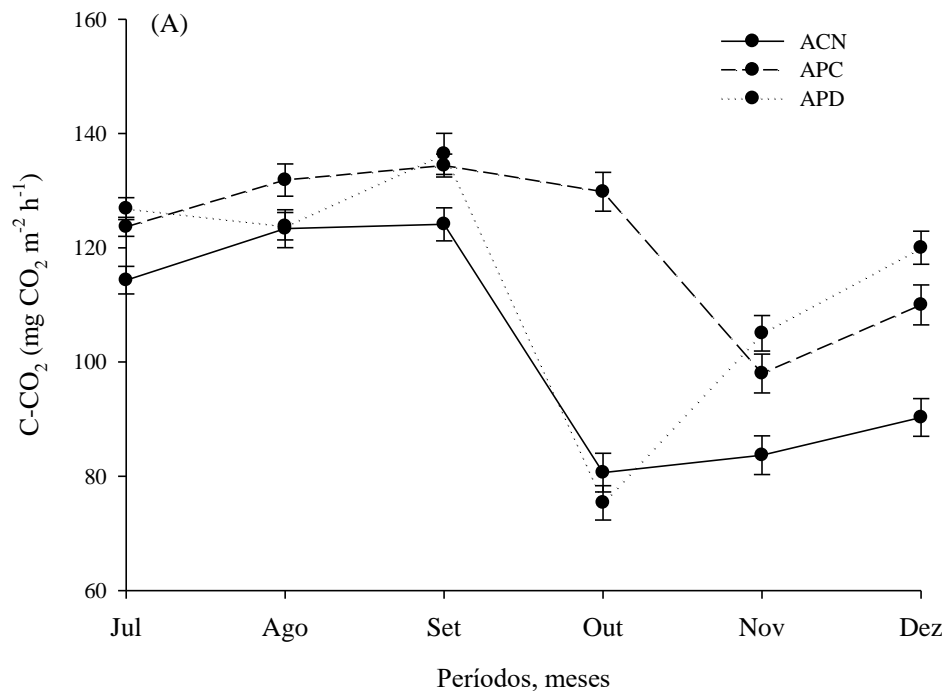
A falta de revolvimento do solo cria condições favoráveis para a atividade da  $\beta$ -glucosidase, resultando em uma decomposição mais lenta e eficaz da matéria orgânica, o que é relevante para a ciclagem de nutrientes e o ciclo de carbono no solo (CAPRISTO, 2022). Por atuar na etapa final da degradação da celulose, os principais fatores que afetam a atividade da  $\beta$ -glucosidase estão relacionados à quantidade e qualidade dos resíduos vegetais depositados no solo (MENDES et al., 2018).

Por outro lado, a atividade da arilsulfatase serve como um indicador indireto da presença de fungos no solo, uma vez que apenas os fungos possuem ésteres de sulfatos, que são substratos para essa enzima. Estudos mostraram que práticas de preparo do solo com menor revolvimento

favorecem o aumento da população de fungos. No entanto, no preparo convencional do solo, as operações de aração e gradagem podem ter impactado negativamente as populações de fungos e, conseqüentemente, a atividade da arilsulfatase (CALDERÓN et al., 2001).

Resultados semelhante foram encontrados por Melero et al., (2008), em um estudo realizados na Espanha, onde comparou sistemas de plantio direto e plantio convencional para a produção de grãos. Neste estudo foi observado que a atividade da enzima arilsulfatase aumentou no plantio direto, atribuindo esse resultado ao aumento do estoque de carbono no solo devido ao preparo menos intensivo.

Com base nos resultados obtidos, é evidente que as maiores emissões de CO<sub>2</sub> ocorreram em solos sob áreas de plantio convencional durante os meses de agosto setembro e outubro. Esse aumento nas emissões pode ser atribuído ao revolvimento do solo, uma prática comum no plantio convencional, que quebra os agregados do solo, liberando o CO<sub>2</sub> retido nos espaços porosos (ARAUJO, 2011). Além disso, a combinação de temperaturas elevadas durante esses meses e a falta de cobertura do solo pode influenciar a atividade microbiana, levando a uma maior liberação de CO<sub>2</sub> na atmosfera e aumentando a amplitude térmica (LISBOA et al., 2012).



**Figura 2A:** Efeito dos diferentes sistemas de manejo do solo, ACN (área sob vegetação de Cerrado Nativo), APC (área sob sistema de plantio convencional) e APD (área sob sistema de plantio direto) na emissão de dióxido de carbono, C-CO<sub>2</sub>. No período de julho a dezembro de 2022 no Cerrado da Bahia. Barras significa o erro padrão da média.

Ao analisar a área de plantio direto nos meses julho e setembro, observou-se um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> em comparação com as áreas de plantio convencional. Ao analisar o histórico da área essa elevação no mês de julho pode ser explicada pela ausência do plantio do milho para a formação da palhada. Já o aumento no mês de setembro pode ser explicado pelo uso da grade niveladora fechada para a incorporação da palhada do milho no qual estava implantada no mês de setembro, Segundo Chaves (2008), o uso da grade geralmente resulta nas maiores perdas de carbono orgânico do solo, bem como de carbono proveniente do uso de combustíveis fósseis resultando em uma maior emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera.

No entanto, no mês de outubro houve uma queda nas emissões de CO<sub>2</sub> no sistema de plantio direto, possivelmente devido a incorporação do milho para a formação da palhada o que resulta no acúmulo de matéria orgânica devido à maior quantidade de plantas no sistema e ao estímulo à microbiota do solo pelas raízes (LOPES, 2019; SILVA, 2020).

A ausência de preparo do solo cria condições mais favoráveis para o desenvolvimento microbiano, resultando em uma maior presença de raízes, que aumentam a entrada de substratos ricos em carbono no sistema por meio de exsudatos radiculares (FIALHO et al., 2006). Esses resultados assemelham-se aos dos trabalhos de Balota et al. (1997), Sall et al. (2006) e Meriles et al. (2009), que, avaliando sistemas de culturas com diferentes preparos de solo, constataram que a atividade respiratória foi superior nos manejos que envolviam o revolvimento mínimo do solo. Da mesma forma, Vargas, Scholles (2000), observaram que a atividade microbiana do solo foi favorecida pelo emprego do plantio direto. Nesse trabalho, esses autores concluem que a maior disponibilidade de C nas camadas superficiais do solo, proporcionada pelo sistema de plantio direto, favorece a atividade dos microrganismos.

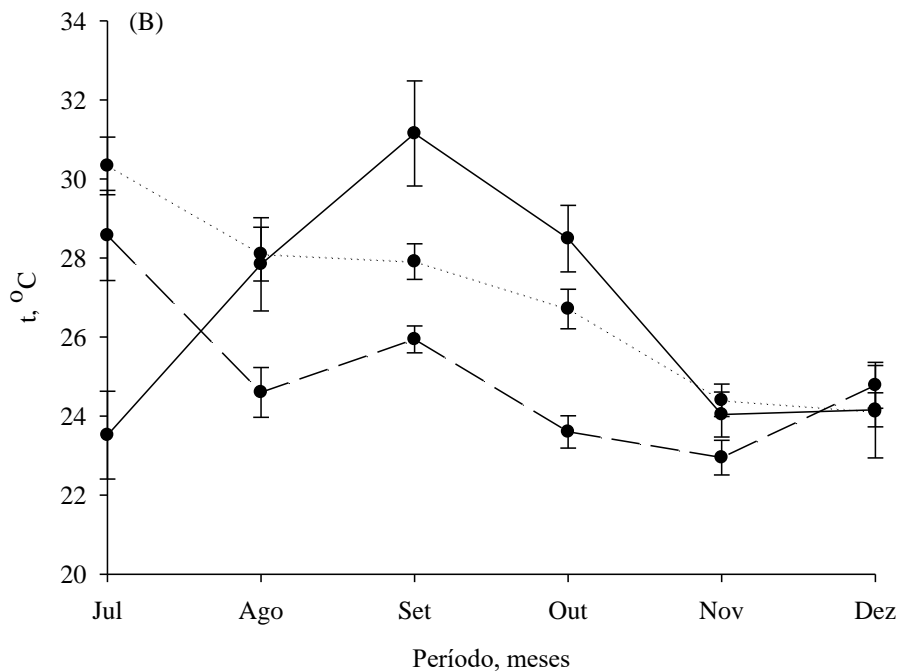
Observou-se outro aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> no sistema de plantio direto nos meses de outubro e dezembro. Acredita-se que tal aumento pode ser atribuído a intervenções humanas, possivelmente relacionadas à utilização de maquinário durante a implementação da cultura subsequente.

Nas áreas de plantio convencional, houve uma diminuição nas emissões de CO<sub>2</sub> nos meses de outubro e novembro, em comparação com a área de plantio direto. Ao analisar o histórico da área, observou-se o plantio de milho como cultura principal no mês de outubro, o que justificaria essa redução. O cultivo do milho pode influenciar positivamente na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, possivelmente devido a características específicas da cultura, como o sistema radicular desenvolvido que contribui para a incorporação e estabilização do carbono no solo, além de outras interações benéficas no ecossistema (BRADFORD, PETERSON 2000).

Na área de cerrado nativo, as maiores emissões ocorreram nos meses de julho a setembro, que correspondem ao período de seca na região, durante o qual as temperaturas atingem seus valores mais elevados, influenciando nas emissões de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, as menores emissões foram registradas nos meses de setembro a dezembro. Isso pode ser justificado pela ocorrência de chuvas na região durante esses meses, interferindo nas altas temperaturas observadas nos meses anteriores (CARVALHO, 2021).

Certamente, a temperatura é um dos fatores fundamentais que influenciam a biota do solo e suas atividades. Alterações na temperatura e umidade do solo podem afetar a população e as atividades dos organismos que vivem nele, impactando, assim, na retenção de carbono no solo e nas emissões de CO<sub>2</sub> (FANG; MONCRIEFF, 2001; SUBKE et al., 2004).

No que diz respeito aos valores de temperatura (Figura 2B) nos diferentes sistemas de manejo do solo, é possível observar que a área de cerrado nativo teve os maiores valores nos meses de agosto, setembro e outubro, que são considerados os meses mais quentes na região do estudo. A temperatura começa a diminuir nos meses de novembro e dezembro, que correspondem ao período chuvoso na região. Essas chuvas contribuem para a melhoria da temperatura do solo, afetando positivamente as condições ambientais para a biota do solo nesse período.

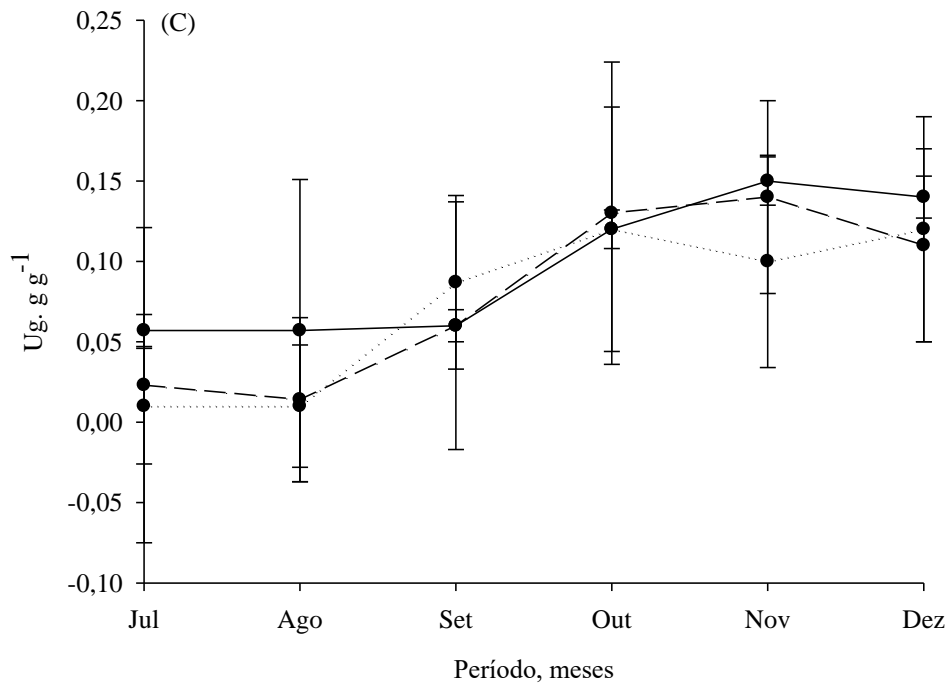


**Figura 2B:** Efeito dos diferentes sistemas de manejo do solo, ACN (área sob vegetação de Cerrado Nativo), APC (área sob sistema de plantio convencional) e APD (área sob sistema de plantio direto) na temperatura do solo, t, °C. No período de julho a dezembro de 2022 no Cerrado da Bahia. Barras significa o erro padrão da média.

Nas áreas de plantio direto, as temperaturas são mais altas de agosto a setembro e diminuem em novembro e dezembro. Isso pode ser explicado pela presença da palhada do milho em novembro e nos outros meses, pela ocorrência de chuvas que cria condições mais favoráveis para a ação dos microrganismos no solo.

No que diz respeito às áreas de plantio convencional, houve um aumento nas temperaturas no mês de julho devido às altas temperaturas nesse período. Posteriormente, ocorreu um equilíbrio entre os meses de agosto a dezembro, com temperaturas variando entre 26°C e 28°C.

Em relação à umidade gravitacional do solo (Figura 2C), observamos que não houve muitas oscilações em relação ao manejo do solo. Nos meses de julho, agosto e setembro, considerados períodos de poucas chuvas na região, notamos as menores umidades do solo. Em contraste, nos meses de outubro, novembro e dezembro, quando ocorre a ocorrência de chuvas na região, registramos os maiores valores de umidade. Essa tendência sugere uma forte influência do regime de chuvas sazonais na umidade gravitacional do solo, independentemente do tipo de manejo adotado.



**Figura 2C:** Efeito dos diferentes sistemas de manejo do solo, ACN (área sob vegetação de Cerrado Nativo), APC (área sob sistema de plantio convencional) e APD (área sob sistema de plantio direto) na

umidade gravimétrica do solo, Ug. No período de julho a dezembro de 2022 no Cerrado da Bahia. Barras significam o erro padrão da média.

Com base nos resultados da análise de correlação de Pearson entre o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a temperatura do solo e a umidade do solo em diferentes sistemas de manejo e períodos de avaliação, este estudo proporciona uma compreensão mais profunda das complexas relações que existem entre essas variáveis e suas implicações na emissão de CO<sub>2</sub> no solo (Tabela 5).

**Tabela 5.** Coeficientes de correlações de Pearson entre emissão de dióxido de carbono, C-CO<sub>2</sub>, temperatura do solo, t °C e umidade gravimétrica do solo, Ug, considerando os sistemas de manejo e período de avaliações.

<b>Para Sistemas de Manejo</b>			
	C-CO <sub>2</sub>	t, °C	Ug
C-CO <sub>2</sub>	1	-	-
t, °C	-0,25	1	-
Ug	-0,99	0,25	1
<b>Para período, meses</b>			
C-CO <sub>2</sub>	1	-	-
t, °C	0,71	1	-
Ug	-0,80	-0,79	1

A análise nos mostra uma correlação positiva significativa nos sistemas de manejo na variável de umidade, indicando que quanto maior a umidade, menor foi a emissão de CO<sub>2</sub>. Ao observar os gráficos de emissão de C-CO<sub>2</sub> e umidade, fica evidente que, independentemente dos tipos de manejo, as menores emissões ocorreram nos meses de outubro, novembro e dezembro, coincidindo com os períodos de maior umidade.

Em relação ao período (meses) analisado, tanto a temperatura quanto a umidade mostraram-se significativas para a emissão de CO<sub>2</sub>, com a umidade destacando-se perante a temperatura. A análise dos gráficos revela que nos meses de maior temperatura (julho, agosto, setembro e outubro), ocorreram as maiores emissões de CO<sub>2</sub>. Isso pode ser atribuído ao efeito direto da incidência solar, que eleva a temperatura do solo, intensificando a atividade microbiana e resultando no aumento da emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (COSTA, 2008). Em termos de umidade, as maiores foram no período de chuva na região. Segundo Araújo (2008),

durante o período chuvoso, a respiração edáfica apresenta valores baixos devido às menores temperaturas, enquanto no período seco, devido ao aumento da temperatura e ao suprimento de água no solo, ocorre uma atividade microbiana mais intensa, resultando em um aumento na liberação de CO<sub>2</sub>. Possivelmente, os microrganismos estão adaptados a condições de maior temperatura e menor umidade, favorecendo uma resposta mais intensa nesses períodos.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados revelaram que o sistema de plantio direto apresenta maior concentração de macronutrientes e micronutrientes nos atributos químicos do solo.

Para os atributos biológicos, constatou-se que as enzimas  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase exibiram maior atividade no sistema de plantio direto.

Quanto à emissão de CO<sub>2</sub>, a umidade surgiu como um fator determinante, sendo que os meses mais úmidos (outubro, novembro e dezembro) foi associado as menores emissões de CO<sub>2</sub>. Ao analisar o período (meses), tanto a umidade quanto a temperatura destacam-se. Sendo que os meses mais quentes (julho, agosto e setembro) apresentam maiores emissões de CO<sub>2</sub> nos sistemas de manejo adotado.

## 6 REFERÊNCIAS

AIBA, 2017. Região Oeste. Disponível em < <http://aiba.org.br/regiao-oeste/>. Acesso em: 15 de agosto de 2023.

ALMEIDA, Luciano Pessoa de et al. Atributos químicos, físicos e biológicos do solo na implantação do sistema plantio direto de hortaliças em duas localidades no sudoeste paranaense. 2021.

ANDRADE, Andréia Patrícia et al. Physical properties of a humic cambisol under tillage and cropping systems after twelve years. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 219-226, 2010.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, 2007.

ARAÚJO, Kallianna Dantas et al. Avaliação da atividade microbiana baseada na produção de C-CO<sub>2</sub> em uma área de caatinga no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, 2008.

ARAÚJO, Kallianna Dantas. Cinética de evolução de dióxido de carbono em área de caatinga em São João do Cariri-PB1. *Revista Árvore*, Viçosa-mg, v. 35, n. 5, p.1099- 1106, 02 maio 2011.

ARCOVERDE, Sálvio Napoleão Soares et al. Qualidade física de solos em uso agrícola na região semiárida do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1473-1482, 2015.

ASSIS, Paula Camylla Ramos et al. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 57-70, 2019.

AZIZ, Irfan; MAHMOOD, Tariq; ISLAM, K. Rafiq. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. **Soil and Tillage Research**, v. 131, p. 28-35, 2013.

BABUJIA, L. C. et al. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2174-2181, 2010.

BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. *Brazilian Journal of Microbiology*, São Paulo, v. 35, p. 300-396, 2004.

BARBOSA, F. A.; COSTA, P. M.; ANDRADE, V. J.; MAIA FILHO, G. H. B.; MACIEL, I. C. F.; LOPES, S. Q. Avaliação econômica e produtiva dos sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 7, n. 1, p. 151-165, 2015.

BARRETO, Eduardo de Lima Sardinha et al. Propriedades químicas e avaliação da fertilidade em Cambissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. 2022.

BASTIDA, F., ZSOLNAY, A., HERNÁNDEZ, T., GARCÍA, C. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, 147:159 – 171, 2008.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

CALDERÓN, F.J.; JACKSON, L.E.; SCOW, K.M. & ROLSTON, D.E. Short-term changes in carbon and nitrogen dynamics, microbial activity, and microbial community structure after tillage. *Soil Sci. Soc. Am.*, 65:118-126, 2001.

CAMARGOS, S. L. Conceitos sobre fertilidade e produtividade. 2005. Disponível em: . Acesso em: 13 set. 2023.

CAPRISTO, Denise Prevedel et al. Atributos químicos, físicos e biológicos do solo e produtividade da soja após sistemas de renovação de pastagem. 2022.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, Gabriela Pereira de. Estoque de carbono e respiração edáfica do solo sob diferentes sistemas de uso no cerrado da Bahia. 2021.

CHAVEZ, Luis Fernando et al. Emissões de CO<sub>2</sub> do solo sob preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul. 2008.

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

CUNHA, João Rodrigues da. **ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO EM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMAS DE MANEJO**. 2018. Tese de Doutorado.

DE FREITAS, Ludmila et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.

DE MATOS, E. P. N. B.; WEBER, O. B.. Emissão de CO<sub>2</sub> do solo de diferentes agroecossistemas na região litorânea do Ceará. In: Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32. 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

DE MIRANDA, Pedro Henrique Costa et al. Atributos biológicos em diferentes sistemas de manejo do solo no município de Paragominas, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72858-72870, 2020.

DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; LOBATO, Edson. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

DENDOOVEN, L.; GUTIÉRREZ-OLIVA, V.F.; PATIÑOZÚÑIGA, L.; RAMÍREZ VILLANUEVA, D.A.; VERHULST, N.; LUNA-GUIDO, M.; MARSCH, R.; MONTES MOLINA, J.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; VÁSQUEZ-MURRIETA, S. & GOVAERTS, B. Greenhouse gas emissions under conservation agriculture compared to traditional cultivation of maize in the central highlands of Mexico. *Sci. Total Environ*, 431:237-244, 2012.

DEUBEL, A.; HOFMANN, B.; ORZESSEK, D. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. *Soil e tillage research*, Amsterdam, v.117, n.1, p.85-92, 2011.

DOS SANTOS, Franciane Lemes. ATRIBUTOS BIOQUÍMICOS DO SOLO SOB FORMAS DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO. 2013.

Duval ME, Galantini JA, Martínez JM, Limbozzi F (2018) Labile soil organic carbon for assessing soil quality: Influence of management practices and edaphic conditions, *Catena*, 171:316-326.

EMBRAPA. P2009-070: Proposta de Protocolo de Pré-Certificação para Agricultura Orgânica em Assentamentos da Reforma Agrária. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78239/1/p2009-070.pdf>. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos e análise de solo. 3 ed. Brasília, 2017. 573p. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro - CNPS, 2006. 306p.

FREITAS, Kemuel Maciel. Atributos biológicos do solo sob diferentes usos na Amazônia Oriental. 2021.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. *Revista Agro@mbiente*, v. 8, n. 2, p. 155-164, 2014.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de O. (Eds) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p.227-243. 1999.

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

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006, 8p.

LIMA, Gabriela Gomes de. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo do cerrado submetido a diferentes usos. 2015.

LIMA, Larissa Ane de Sousa et al. Caracterização geomorfológica do município de Correntina, oeste baiano, escala 1: 50000. 2010.

LISBOA, Bruno Brito et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p. 33-44, 2012.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. Air-drying and longterm storage effects on  $\beta$ -glucosidase, acid phosphatase and arylsulfatase activities in a tropical Savannah Oxisol. *Applied Soil Ecology*, Amsterdã, v. 93, n. 9, p. 68-77, 2015.

LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 20-28, 2011.

Macronutrientes. (13-10-23). Recuperado de <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/beneficios/ao-solo/quimica-do-solo/macronutrientes>

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

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, 2000.

MELERO, S.; VANDERLINDENA, K.; RUIZA, J.C. & MADEJONB, E. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *Europ. J. Soil Biol.*, 44:437-442, 2008.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; ALVES, C. L. A. Indicadores de qualidade biológica para manejo sustentável de solos arenosos. In: *Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Desafios para o manejo de solos arenosos*, Campinas, v. 44, n. 1, p. 20-25, 2018.

MENDES, I. C.; SOUZA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 185-203, 2015.

MERILES, J.M.; GIL, S.V.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G.J. & GUZMÁN, C.A. Soil Microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial populations dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fa.

MMA. <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

NASCENTE, Adriano Stephan et al. Atributos químicos de latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 153-163, 2014.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; BOHRA, J. S. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. *Soil and Tillage Research*, Amsterdã, v. 136, n. 3, p. 51-60, 2014.

RADFORD, J.M. & PETERSON, G.A. Conservation tillage. In: SUMNER, M.E., ed. *Handbook of soil science*. Boca Raton, CRC Press, 2000. p.247-266.

REICOSKY, D.C. & ARCHER, D.W. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil Till. Res.*, 94:109-121, 2007.

REITAS, D. A. F. de; SILVA, M. L. N.; CASTRO, N. E. A. de; CARDOSO, D. P.; DIAS, A. C.; CARVALHO, G. J. de. Modelagem da proteção do solo por plantas de cobertura no sul de Minas Gerais. *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 117- 123, 2012.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FIGUEIREDO, C. C. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Eds). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p.417-473.

RIBEIRO, I. dos S. "Atributos biológicos e qualidade do solo sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas." *Embrapa Agropecuária Oeste-Tese/dissertação (ALICE)* (2016).

RIBEIRO, Sandro Barbosa. Atributos químicos, físicos e biológicos do ROLDÁN, A.; SALINAS-GARCIA, J.R.; ALGUACIL, M.M.; DÍAZ, E. & CARAVACA, F. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillages practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma*, 129:178-185, 2005b.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, 304p.

SALL, N.S.; MASSE, D.; NDOUR, N.Y.B. & CHOTTE, J. Does cropping modify the decomposition function and the diversity of the soil microbial community of tropical fallow soil? *Appl. Soil Ecol.*, 31:211-219, 2006.

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

SANTOS, F. D. et al. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. *Tecnológica*, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 2, p. 272-278, jul. / dez. 2021.

SANTOS, Osvaldir Feliciano et al. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2017.

SCHWARTZ, R.C.; BAUMHARDT, R.L. & EVETT, S.R. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. *Soil Till. Res.*, 110:221- 229, 2010.

SILVA JÚNIOR, Jorge da et al. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano. 2019.

SILVA, Arystides Resende; SALES, Agust; VELOSO, Carlos Alberto Costa. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

SILVA, L.G. da. Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas. Dissertação de Mestrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.34, n.5, p.1585- 1592, 2010.

SILVA, Tiago Cavalcante da. Alterações nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo no Maciço de Baturité, Ceará. 2018.

SILVA-OLAYA, A.M.; CERRI, C.E.P.; LA SCALA JR., N.; DIAS, C.T.S. & CERRI, C.C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. *Environ. Res. Lett.*, 8:1-8, 2013.

SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1014-1022, 2005.

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

SPAGNOLLO, E. Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais. 2004. 210f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria.

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A. BOTTOMELEY, P. J.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, M. A. *Methods of soil analysis: Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison, v. 5, n. 5, p. 778-835, 1994.

TOMM, Gilberto Omar et al. Efeito de sistemas de manejo em atributos químicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 13, n. 1/2, p. 47-59, 2007.

van den BOSSCHE, A.; DE BOLLE, S.; DE NEVE, S. & HOFMAN, G. Effect of tillage intensity on N mineralization of different crop residues in a temperate climate. *Soil Tillage Res.*, 103:316-324, 2008.

VARGAS, L.K. & SHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo.*, 24:35-42, 2000.