



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB

Departamento de Ciências Humanas - Campus IX

**ESTOQUES DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE
COBERTURA NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

POLIANA DOS REIS SILVA

BARREIRAS – BA

JULHO - 2024

POLIANA DOS REIS SILVA

**ESTOQUES DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE
COBERTURA NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

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

Orientador: Prof. Dr. Adilson Alves Costa.

BARREIRAS – BAHIA

JULHO – 2024

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB

Departamento de Ciências Humanas - Campus IX

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**ESTOQUES DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE
COBERTURA NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

AUTORA: POLIANA DOS REIS SILVA

ORIENTADOR: Dr. ADILSON ALVES COSTA

Banca Examinadora:

Adilson Alves Costa

Orientador: Dr. Adilson Alves Costa
Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Jorge da Silva Júnior
Prof Dr. Jorge da Silva Júnior
Universidade do Estado da Bahia – UNEB

gov.br

Documento assinado digitalmente
JOAQUIM PEDRO SOARES NETO
Data: 18/07/2024 10:33:15-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

F

(examinador externo)

Data de realização 13 / 07 / 2024

Dedico este trabalho a todos que buscam contribuir com a sustentabilidade do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a quem amo com todo meu coração e até aqui me deu forças, me guiou, me sustentou e sempre bondoso me mostrou direções onde eu não via mais estrada, colocando sempre em meu coração que “o meu socorro vem do senhor que fez o céu e a terra” (salmo 121) e me lembrando que “só vive o propósito quem suporta o processo”.

Minha profunda e incessante gratidão a minha mãe, Valdelice dos Reis Silva e ao meu pai, Pedro Raimundo de Oliveira Silva, por todo apoio e esforço incansável para que eu pudesse dedicar-me a graduação e ter uma boa índole durante a vida, vocês são meus exemplos de força, caráter, trabalho e honestidade. Deixo também minha gratidão pela amizade sincera do meu irmão João Pedro dos Reis Silva, vocês são meus pilares e meu combustível, amo vocês infinitamente.

A minha avó, Celina Maria de Oliveira Silva onde suas vivências e conselhos foram de grande auxílio para minha construção pessoal, ao meu avô Domingos Batista dos Reis, em memória aos meus avós Florenice Souza dos Reis e Elpidio Raimundo da Silva, também aos meus padrinhos, tios e primos, que me ajudaram e me abraçaram nesta caminhada, são tantos que não caberiam aqui toda expressão de gratidão.

Ao meu grande amigo e amor, Vinicius Batista de Matos por sempre me ouvir, pela paciência admirável, incentivo e apoio, e a sua família que sempre me acolheram, acalentaram minha saudade de casa e me expressaram carinho.

A todos os meus grandes amigos construídos ao longo da vida, amo vocês e sou grata por cada vez que me ouviram, aconselharam, foram otimistas e me proporcionaram momentos felizes. Aos meus colegas e amigos/as da graduação, que me ajudaram e tornaram meus dias mais leves e felizes, entre eles, Maria Isabela Lopes, por compartilharmos momentos e buscarmos forças nas dificuldades para superá-las. A Anne Anjos, Marcia Neres, Lourrany Rocha, entre outros colegas que me deram auxílio e suporte para que a realização desse trabalho fosse possível.

Agradeço em especial ao meu orientador, Dr. Adilson Alves Costa e ao Prof Dr. Heliab Nunes cuja dedicação, paciência, confiança e orientação foram essenciais para realização deste trabalho. Agradeço também a todos os professores da Universidade do Estado da Bahia, onde com muita sabedoria contribuíram para minha formação. Por fim, minha profunda gratidão a todos os funcionários da universidade que me auxiliaram de alguma forma até aqui.

SILVA, Poliana dos Reis. **ESTOQUES DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**, 2024. 35 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade do Estado da Bahia, Campus IX, Barreiras – Bahia, 2024.

RESUMO

As propriedades do solo são influenciadas por diferentes formas de manejo, entre elas, o uso de plantas de cobertura é reconhecido como alternativa para cobertura do solo, além de auxiliar na adição de carbono e promover melhorias as propriedades físicas, químicas e biológica do solo. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do uso de plantas de cobertura nos teores de estoque de carbono e nas propriedades físicas do solo. O experimento foi realizado no campo experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, rodovia BA 447, KM 08, situado no município de Barreiras, Oeste da Bahia. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos e três repetições, utilizando plantas de cobertura e área de pousio, onde o plantio foi realizado a lanço em parcelas com dimensões de 3 x 3 m, com espaçamentos de 0,5 m entre as linhas e 1 m entre os blocos. Os valores obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade. Avaliando os atributos físicos do solo sob plantas de cobertura e nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, os dados da análise da variância indicaram que houve um efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos de cobertura do solo apenas para a variável Mic, e da profundidade apenas sobre as variáveis Ds e Pt. Observou-se também uma interação significativa entre as plantas de cobertura e a profundidade para todas as variáveis analisadas. Entre os tratamentos analisados o mix contendo BR+GU+PG destacou-se ao proporcionar um aumento da Mic. As profundidades não influenciaram na Mac e na Mic, no entanto, houve diferença significativa entre os tratamentos nas diferentes profundidades analisadas em relação a Ds e Pt. Em relação à interação das plantas de cobertura com as diferentes profundidades, observou-se que todos os atributos físicos avaliados apresentaram diferenças significativas. A Ds apresentou diferença significativa apenas na profundidade de 0,00 a 0,10 m, enquanto Pt, Mac e Mic obtiveram diferença significativa apenas nas camadas superficiais de 0,10 a 0,20 m. Ao avaliar o carbono orgânico total, estoque de carbono e umidade do solo na profundidade de 0,00-0,20 m sob diferentes plantas de cobertura, observa-se que as plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa para as variáveis COT, estCOT e θ_v , onde os resultados obtidos podem ser justificados pelo curto período de tempo que o experimento foi realizado, uma vez que, tais efeitos são melhores observados a longo prazo.

Palavras-chave: palhada, sequestro de carbono, cerrado baiano.

ABSTRACT

Soil properties are influenced by different forms of management, among them, the use of cover crops is recognized as an alternative for soil cover, in addition to helping in the addition of carbon and promoting improvements in the physical, chemical and biological properties of the soil. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of the use of cover crops on the carbon stock levels and physical properties of the soil. The experiment was carried out in the experimental field of the Paulo Mizote Model Farm, BA 447 highway, KM 08, located in the municipality of Barreiras, western Bahia. The experiment was conducted using a randomized block design (RBD), with nine treatments and three replications, using cover crops and fallow area, where planting was carried out broadcast in plots with dimensions of 3 x 3 m, with spacing of 0.5 m between rows and 1 m between blocks. The values obtained were subjected to analysis of variance and the means compared by Tukey's test at 1% and 5% probability. When evaluating the physical attributes of the soil under cover crops and at depths of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m, the data from the analysis of variance indicated that there was a significant effect ($p \leq 0.05$) of the soil cover treatments only for the variable Mic, and of the depth only on the variables Ds and Pt. A significant interaction between the cover crops and the depth was also observed for all variables analyzed. Among the treatments analyzed, the mix containing BR+GU+PG stood out by providing an increase in Mic. The depths did not influence Mac and Mic, however, there was a significant difference between the treatments at the different depths analyzed in relation to Ds and Pt. Regarding the interaction of the cover crops with the different depths, it was observed that all the physical attributes evaluated presented significant differences. Ds showed a significant difference only at the depth of 0.00 to 0.10 m, while Pt, Mac and Mic obtained significant differences only in the surface layers of 0.10 to 0.20 m. When evaluating the total organic carbon, carbon stock and soil moisture at the depth of 0.00-0.20 m under different cover crops, it was observed that the cover crops did not show a significant difference for the variables COT, estCOT and θ_v , where the results obtained can be justified by the short period of time that the experiment was carried out, since such effects are better observed in the long term.

Keywords: straw, carbon sequestration, Bahian savannah.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Condução do experimento: (A) delimitação da área experimental; (B) germinação da cobertura; (C) desenvolvimento da cobertura; (D) cobertura em estágio final. Área experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, Barreiras-Ba, 2024.....	21
Figura 2: Coleta de amostras de solo: (A) amostra indeformadas com auxílio de anéis volumétricos; (B) amostra deformadas com auxílio do trado. Área experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, Barreiras-Ba, 2024.....	22
Figura 3: Preparo das amostras: (A) secagem das amostras de solo; (B) destorroamento das amostras; (C) peneiramento das amostras para análise do estoque de carbono; (D) toalet das amostras para análise dos atributos físicos. Laboratório de física do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.....	23
Figura 4: Determinação de macro e microporosidade: (A) saturação das amostras em cilindro; (B) amostras em mesa de tensão; (C) amostras em estufa. Laboratório de física do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.....	25
Figura 5: Análise de carbono: (A) amostras em estufa; (B) amostras prontas para titulação. Laboratório de química do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.....	26

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1: Tratamentos utilizados.	20
Tabela 2: Resumo da análise de variância (Teste F) das plantas de cobertura (C) e profundidade do solo (P) (0,00-0,10 e 0,10-0,20 cm) no Cerrado do Oeste da Bahia.....	27
Tabela 3: Valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) sob diferentes plantas de cobertura no Cerrado do Oeste da Bahia.....	27
Tabela 4: Valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.....	28
Tabela 5: Interação dos valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) sob diferentes plantas de cobertura e profundidade do solo no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.	30
Tabela 6: Resumo da análise de variância (Teste F) para carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstCOT) e umidade volumétrica do solo (θ_v) no Cerrado do Oeste da Bahia.....	31
Tabela 7: Valores médios do carbono orgânico total (COT), estoque de carbono orgânico (EstCOT) e umidade volumétrica do solo (θ_v) sob diferentes plantas de cobertura no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.	32

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

TFSA- Terra Fina Seca ao Ar

Ds - Densidade do solo

M - Massa do solo seco

Vs - Volume do cilindro

Mi – Microporosidade

V - Volume total da amostra

M_a – Macroporosidade

Pt - porosidade total

a - Massa do solo seco + água retida

b - Massa do solo seco

COT – Carbono Orgânico Total

e- Espessura da camada

EstCOT- Estoque de Carbono

Θ_v- Umidade Volumétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 SOLOS DO CERRADO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	14
2.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DAS PLANTAS DE COBERTURA: PRINCIPAIS PLANTAS DE COBERTURA UTILIZADAS	15
2.3 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NO ESTOQUE DE CARBONO 17	
2.4 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	18
3. MATERIAL E METODOS.....	20
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	20
3.3 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS.....	21
3.4 PEPARO DAS AMOSTRAS	22
3.5 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO	23
3.5.1 <i>Densidade do solo</i>	23
3.5.2 <i>Porosidade total</i>	24
3.5.3 <i>Macroporosidade e Microporosidade</i>	24
3.6 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO	25
3.6.1 <i>Estoque de Carbono Orgânico Total (EstCOT)</i>	25
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE COBERTURA E NAS PROFUNDIDADES DE 0,00-0,10 E 0,10-0,20 m.	27
4.2 CARBONO ORGÂNICO TOTAL, ESTOQUE DE CARBONO E UMIDADE DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0,00-0,20 M SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA.....	31
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

As propriedades do solo são influenciadas por diferentes formas de manejo, entre elas, o uso de plantas de cobertura é reconhecido como alternativa para cobertura do solo, além de auxiliar na adição de carbono e promover melhorias as propriedades físicas, químicas e biológica do solo.

O Oeste da Bahia, impulsionado pela expansão da agricultura nos últimos anos, se consolida como uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil, esse crescimento, no entanto, traz consigo preocupações quanto aos impactos ambientais e tendo em vista a exploração acentuada de forma irracional que contribui para modificação das características do solo, tornam-se cada vez mais indispensáveis a necessidade em adotar práticas que resultem em melhorias dos atributos do solo.

Nesse sentido, nos últimos anos a preocupação acerca da conservação dos recursos naturais tem crescido exponencialmente, assim, é perceptível a necessidade de adoção de manejos que resultem em benefícios as características do solo, de forma a aumentar, ou ao menos manter a sua capacidade produtiva, de modo a evitar processos de degradação (FREITAS *et al.* 2014).

No caso dos solos do Cerrado, que são predominantemente ácidos, de baixa fertilidade natural e com baixo teor de matéria orgânica, a utilização de plantas de cobertura por exemplo, é ainda mais crucial para manutenção da sua qualidade, tornando-se fundamental para um manejo adequado (SILVA *et al.*, 2021).

Assim, é comprovado que a utilização de plantas de cobertura em cultivo consorciado ou em cultivo solteiro favorece melhoria em diversas propriedades do solo e, dentre elas encontra-se o estoque de carbono e as propriedades físicas, sendo que o estoque de carbono do solo segundo Vezzani e Mielniczuk (2011) sofre influência direta de fatores como o tipo de manejo adotado, por isso, para a conservação dos valores de estoque de carbono no solo é essencial conhecer as características do tipo de manejo e das plantas de cobertura usadas.

As plantas de cobertura assumem um papel fundamental na produção e na manutenção da matéria orgânica do solo (MOS), um elemento fundamental para avaliar o efeito dos sistemas de uso sobre sua qualidade. Dessa forma, quando empregadas de forma adequada, surgem como aliadas na recuperação e na preservação da qualidade do solo, onde através de diversos mecanismos, elas contribuem para a melhoria das propriedades físicas químicas e biológicas do solo.

Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do uso de plantas de cobertura nos teores de estoque de carbono e nas propriedades físicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOLOS DO CERRADO E SUAS CARACTERÍSTICAS

O cerrado é caracterizado como um dos principais biomas brasileiros, sendo este o segundo maior, representando uma área de aproximadamente 205,9 milhões de hectares, ocupando entre 22 a 25% do território nacional, alcançando 17 classes de solos com ocorrência homogênea, sendo os Latossolos, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos os principais solos dessa área, compreendendo aproximadamente 77% dos solos do bioma (SENA *et al*, 2021).

De maneira geral, com base nas suas características físicas, são descritos principalmente como solos profundos, porosos, permeáveis, bem drenados e, por consequência, profundamente lixiviados, com baixa capacidade de retenção de água e pequeno teor de matéria orgânica, além disso, possui um relevo plano suavemente ondulado; apesar de se mostrar homogêneo, sua descrição é de necessidade comprovada por possuir variabilidade química, física e mineralógica (PLÁCIDA PALHACI, 2014; GOMES *et al*, 2004) .

Os solos do cerrado apresentem naturalmente boas condições físicas, para a produção agrícola, entretanto, a exploração agrícola constante juntamente ao manejo inadequado pode alterar essas propriedades, principalmente pela redução da macroporosidade e aumento da densidade. Sendo assim, aprimorando as qualidades físicas do solo como porosidade, textura, estrutura, densidade, compactação, umidade, taxa de infiltração, entre outros, estará contribuindo indiretamente para a melhoria das suas condições químicas e biológicas (MOTA *et al*, 2011).

Nesse sentido autores demonstram ser necessário diminuir o uso de práticas de manejo do solo que tragam resultados negativos para o mesmo, por isso, atualmente o sistema de plantio direto (SPD) tem se destacado em relação ao sistema de plantio convencional (SPC), pois reduz o revolvimento do solo e mantém uma cobertura vegetal que favorece a conservação dos solos, além de possibilitar o aumento da matéria orgânica e do estoque de carbono no solo (SILVA JUNIOR, 2019; COSTA *et al.*, 2020).

Resultados obtidos por Matias *et al.* (2012) demonstram que o tipo de manejo adotado em uma determinada área é capaz de modificar as características físicas do solo, principalmente nas camadas superficiais como as de 0,10 a 0,20 m.

Algumas das características do solo que podem servir como parâmetros para sua qualificação física são a densidade, porosidade, resistência do solo a penetração, entre outros, e o conhecimento desses atributos do solo é uma ferramenta importante para seu manejo, por

consequente, a utilização exacerbada e errônea do solo pode alterar as características que o qualifica, uma vez que, esses parâmetros de qualidade, apesar de ter características particulares do material de origem, também são variáveis, influenciadas principalmente pela ação antrópica (SENA *et al*, 2021).

Outrossim, é perceptível a necessidade de um manejo do solo consciente e com um viés conservacionista, pois as características dos solos do Cerrado, tão importante para a agricultura nacional, precisa ser preservada de modo a possibilitar o bom desenvolvimento da agricultura, evitando assim, a degradação do solo e, por consequência o seu abandono.

2.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DAS PLANTAS DE COBERTURA: PRINCIPAIS PLANTAS DE COBERTURA UTILIZADAS

Com o aumento da preocupação com a conservação e recuperação dos solos, a utilização de plantas de cobertura possibilita uma maior proteção do solo, evitando a ocorrência de degradação, erosão, lixiviação de nutrientes, entre outros benefícios, sendo que tanto a parte aérea quanto o sistema radicular das plantas de cobertura trazem benefícios para o solo.

As plantas de cobertura, quando empregadas de maneira apropriada, configuram-se como uma estratégia para aprimorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além disso, são indispensáveis para aumentar a matéria orgânica do solo, a qual desempenha papel essencial nas características físicas, químicas e biológicas do solo (LAMAS, 2017).

Dessa forma, Weirick e Valando (2021) afirmam:

As plantas de cobertura possuem grande importância para a proteção do solo, sendo responsáveis pela ciclagem de nutrientes e auxílio na descompactação biológica do solo, que resulta em um aumento da infiltração e armazenamento de água no solo. Já a deposição/formação de uma camada de palhada protege o solo contra o processo erosivo, além de poder reduzir a germinação e crescimento das plantas daninhas (Weirick; Valando, p.6. 2021).

Assim, percebe-se que a utilização de plantas de cobertura é essencial para a conservação do solo, uma vez que traz diversos benefícios para o mesmo. Contudo, para obtenção de bons resultados com a utilização de plantas de cobertura é indispensável conhecer as características das espécies que serão utilizadas, uma vez que há uma grande diversidade de espécies que podem ser utilizadas, mas que trazem resultados distintos (SILVEIRA e STONE, 2010).

A seleção da espécie de planta de cobertura a ser cultivada requer a consideração de certas características essenciais como, por exemplo, ser de estabelecimento fácil e apresentar um crescimento rápido, proporcionando uma cobertura eficaz do solo, não ser hospedeira

preferencial de doenças, pragas e nematoides, ter um bom desenvolvimento do sistema radicular, rusticidade e agressividade, além de possui uma alta capacidade de absorção e acúmulo de nutrientes (LAMAS, 2017; SILVA *et al.*, 2021).

Algumas das plantas de cobertura que tem se destacado são as gramíneas e as leguminosas, sendo que plantas perenes como as braquiárias (*Urochloa ruziziensis*), tem proporcionado acúmulo significativo de fitomassa e baixa decomposição na entressafra e, apresenta um bom crescimento vegetativo tanto de parte aérea como do sistema radicular. Já as leguminosas possuem a capacidade de, em associação com rizóbios (*Rizobios spp.*), realizar a transformação do N₂ atmosférico em NH₃, o que possibilita uma maior disponibilidade de Nitrogênio para as plantas (MACHADO, 2021).

O cultivo das plantas de cobertura pode ser realizado através do plantio de uma única espécie ou através do consorcio de duas ou mais espécies semeadas de forma simultânea em uma mesma área agrícola, sendo que o cultivo consorciado traz diversos benefícios como melhorias na estrutura do solo, aumento da diversidade de organismos benéficos e supressão de plantas daninhas (LAMAS, 2017).

Apesar do cultivo solteiro de plantas de coberturas proporcionar inúmeros benefícios para a sustentabilidade dos solos, o cultivo em consorcio, mix de plantas de cobertura, caracteriza-se como uma alternativa para contornar as limitações apresentadas pela espécie escolhida para a cobertura, porém, a eficiência do mix depende dentre outros fatores da complementariedade das culturas que vão ser utilizadas (SILVA *et al.*, 2021).

Dessa forma é inquestionável os benefícios decorrentes da utilização de plantas de cobertura em cultivo solteiro ou consorciado, pois auxiliam na conservação dos solos, de modo a aumentar a durabilidade do sistema.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2022) avaliando o desempenho do desenvolvimento de soja cultivada sobre palhada de mix de plantas de cobertura, observou-se significativo aumento da produtividade da soja em áreas com mix de 1. Tremoço branco (*Lupinus albus*), Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), Aveia branca (*Avena sativa*), Aveia preta (*Avena strigosa*), Crotalaria ochroleuca, Crotalaria juncea, Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e Capim coracana (*Eleusine indica*); 2. Trigo mourisco, Crotalaria spectabilis, Nabo forrageiro, Aveia preta; 3. Milheto (*Pennisetum glaucum*), Crotalaria ochroleuca, Aveia preta, Aveia branca, Trigo mourisco e Capim coracana; 4. Crotalaria spectabilis, Trigo mourisco, Milheto e Crotalaria breviflora; 5. Aveia, Trigo Mourisco, Capim Piatã (*Brachiaria brizantha*) e Crotalaria ochroleuca, em relação ao cultivo de soja em área de pousio.

Com base na pesquisa de Pacheco *et al.* (2013), onde foi avaliado diferentes espécies de plantas de cobertura e pousio em relação à ciclagem de nutrientes, destacou-se que o milho apresentou um acúmulo significativo de N, P, K, e Mg aos 60 dias após a semeadura em Santo Antônio de Goiás e Rio Verde. Além disso, foi observado que as espécies braquiária brizantha, braquiária ruziziensis e o consórcio braquiária ruziziensis + guandu apresentaram elevado acúmulo de fitomassa e nutrientes no final da entressafra. Esses resultados indicam a importância da escolha adequada das espécies de plantas de cobertura para maximizar a ciclagem de nutrientes e a manutenção da fertilidade do solo.

Nesse contexto, as plantas de cobertura surgem como uma estratégia de conservação para o solo, onde recentes evidências sugerem que a utilização de mix de plantas de cobertura podem resultar em melhorias significativas nos atributos do solo, em comparação com o cultivo de uma única espécie de planta de cobertura.

2.3 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NO ESTOQUE DE CARBONO

O estoque de carbono no solo refere-se à quantidade de carbono armazenado no solo, resultante da decomposição de matéria orgânica, sendo que um maior estoque de carbono no solo está associado à melhoria da fertilidade e da estrutura do solo, bem como à sua capacidade de retenção de água, beneficiando a produtividade agrícola.

Diversos fatores contribuem para a manutenção do estoque de carbono e, dentre eles encontra-se o sistema de manejo adotado, sendo que áreas com longos períodos sem a realização de revolvimento do solo possibilita a recuperação do estoque de carbono próximo a valores encontrados em áreas nativas, por outro lado o revolvimento do solo constantemente com a realização de aragem e gradagem reduzem esses valores (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011; COSTA *et al.*, 2009).

Nesse contexto, as práticas de manejo conservacionistas são essenciais para auxiliar na manutenção do estoque de carbono do solo e, a utilização de plantas de cobertura possibilita uma maior concentração de matéria orgânica do solo, uma vez que melhora a estrutura do solo, aumenta a atividade microbiana e a formação de carbono orgânico.

Os efeitos das plantas de cobertura no estoque de carbono no solo variam de acordo com as espécies de plantas utilizadas, segundo Oliveira (2024) as gramíneas são mais eficazes na elevação da quantidade de carbono no solo, porém devido à alta relação C:N possuem baixa qualidade de resíduos, uma vez que promove um baixo armazenamento de C estável. Por outro

lado, as leguminas que apresentam baixa relação C:N produzem menos biomassa, contudo tem uma alta qualidade de resíduos.

Estudo realizado por Imbana *et al.* (2021) demonstra que o estoque de carbono do solo nas camadas de 0-10 cm apresenta crescimento significativo com o uso de plantas de cobertura, sendo que a mucuna – cinza teve um aumento de 23,52 t ha⁻¹; crotalária 19,01 t ha⁻¹; palha 17,02 t ha⁻¹; feijão-de-porco 16,92 t ha⁻¹; mucuna preta 16,68 t ha⁻¹; guandu 16,65 t ha⁻¹ lablab 12,87 t ha⁻¹, enquanto que o controle utilizado como referência teve valor de estoque de carbono igual a 12,06 t ha⁻¹.

Por outro lado, os resultados apresentados por Peng *et al.* (2023) *apud* Oliveira (2024) demonstra maior estoque de carbono com uso de Centeio em relação a leguminosas e ao uso de mix de plantas de cobertura. Já o estudo realizado por Oliveira (2024) avaliando o estoque de carbono e fosforo sob influência na qualidade de plantas de cobertura a longo prazo, identificou que os maiores estoques de carbono são encontrados com a utilização de nabo, aveia preta e tremoço.

Dessa forma, percebe-se que as plantas de cobertura vão influenciar positivamente o estoque de carbono no solo, porém em maior ou menor grau conforme as demais variáveis que caracterizam o solo de uma determinada região.

2.4 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

As características físicas do solo são fortemente influenciadas devido as diferentes formas de uso e manejo do solo, por isso, é de fundamental importância o estudo das suas características para que se possa adotar o melhor método de manejo de modo a minimizar os impactos nos atributos físicos.

Deste modo, uma prática que tende a auxiliar na preservação dos atributos físicos do solo é a utilização de plantas de cobertura, seja ela realizada em cultivo solteiro ou em um mix de espécies, uma vez que possibilita a redução da imobilização de nitrogênio (N), aumento de nutrientes, acúmulo de matéria seca maior eficiência no uso da água e, a exploração do sistema radicular ao longo do perfil do solo contribui para a descompactação do solo, o que por consequência melhora a qualidade física do solo (SILVA *et al.*, 2021).

Os benefícios, decorrentes das plantas de cobertura sobre o solo pode ser avaliado conforme os seguintes parâmetros, densidade, resistência a penetração, porosidade do solo e taxa de infiltração, sendo que um fator influência nos demais, por exemplo, uma maior

densidade do solo proporciona maior resistência a penetração e uma menor porosidade do solo, além disso, vai influenciar diretamente sobre a capacidade de infiltração e no desenvolvimento das raízes devido a compactação (FONSECA, 2017).

Cardoso *et al.* (2013) demonstra que a densidade do solo, volume total de poros, macro e microporosidade são parâmetros que não sofre influência da utilização de plantas de plantas de cobertura, enquanto que a resistência do solo a penetração é influenciada positivamente com o uso de crotalária, feijão de porco e milho.

Resultados encontrados por Fonseca (2017) contradizem os apresentados por Cardoso *et al.* (2013) uma vez que a utilização de gramíneas, trigo, aveia branca e aveia preta em cultivo solitário e consorciado, foram capazes de reduzir a densidade do solo na camada de 0-5 cm do solo.

Em relação a microporosidade estudo realizado por Lima (2023) revela que a utilização de plantas de cobertura tem efeito significativo nas camadas de 0-10 cm, principalmente com o uso gramíneas.

3. MATERIAL E METODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no campo experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, rodovia BA 447, KM 08, situado no município de Barreiras, Oeste da Bahia, conforme as coordenadas: latitude S - 12.088569458743986, longitude W -44.92126791150898 e altitude em relação ao nível do mar de 473.

Com base na classificação de Koppen, a região possui clima tropical (Aw), com inverno seco, ou seja, no inverno ocorre muito menos pluviosidade que no verão (ALVARES et al., 2013).

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos e três repetições, utilizando plantas de cobertura e área de pousio, onde o plantio foi realizado a lanço em parcelas com dimensões de 3 x 3 m, com espaçamentos de 0,5 m entre as linhas e 1 m entre os blocos. Sendo assim, os tratamentos utilizados foram constituídos conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos utilizados.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
Testemunha	Plantas espontâneas
VU	<i>Vigna unguiculata</i>
BR+RS+PG	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Raphanus sativus</i> + <i>Pennisetum glaucum</i>
BR+CC+PG	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Cajanus cajan</i> + <i>Pennisetum glaucum</i>
BR+RS+PG+MAC	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Raphanus sativus</i> + <i>Pennisetum glaucum</i> + <i>Macropitilium</i>
BR+RS+CC+PG	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Raphanus sativus</i> + <i>Cajanus cajan</i> + <i>Pennisetum glaucum</i>
BR+STY+VU+PG	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Stylosanthes</i> + <i>Vigna unguiculata</i> + <i>Pennisetum glaucum</i>
BR+STY	<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Stylosanthes</i>
AGMIXPAS	AG Mix Pastejo

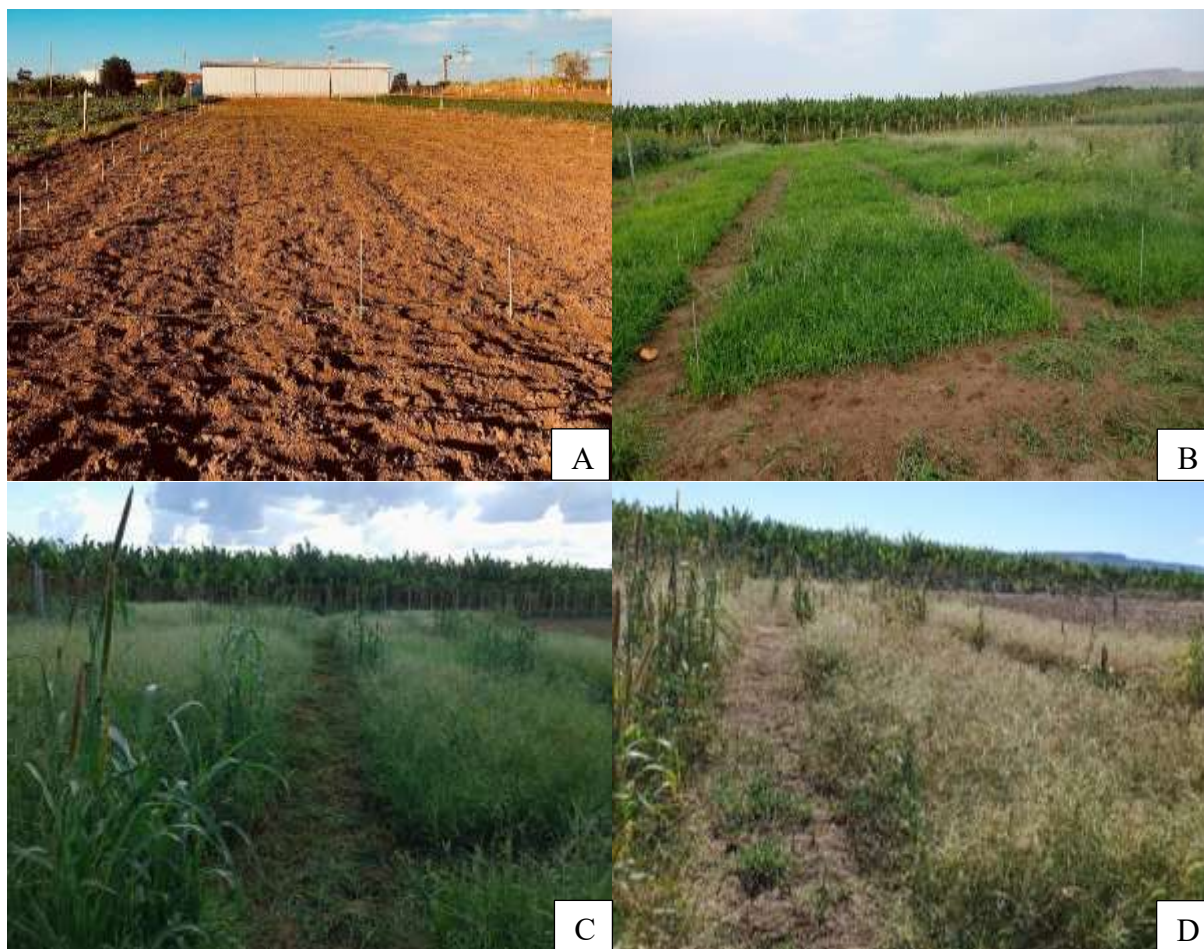


Figura 1: Condução do experimento: (A) delimitação da área experimental; (B) germinação da cobertura; (C) desenvolvimento da cobertura; (D) cobertura em estágio final. Área experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, Barreiras-Ba, 2024.

3.3 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS

Em cada parcela foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de anéis volumétricos para determinação dos atributos físicos como macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Foram obtidas também, amostras deformadas com auxílio do trado para determinação do estoque de carbono na profundidade 0-20 cm. As amostras foram armazenadas, identificadas e encaminhadas ao laboratório da Universidade do Estado da Bahia para as determinações dos atributos físicos e químicos do solo.



Figura 2: Coleta de amostras de solo: (A) amostra indeformadas com auxílio de anéis volumétricos; (B) amostra deformadas com auxílio do trado. Área experimental da Fazenda Modelo Paulo Mizote, Barreiras-Ba, 2024.

3.4 PEPARO DAS AMOSTRAS

Em laboratório, as amostras deformadas foram secas ao ar (45° C), destorroadas e passadas nas peneiras de malha de 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA) e, conseqüentemente, o encaminhamento para fins das análises químicas. As amostras indeformadas foram conduzidas ao laboratório para determinação das análises físicas do solo. Seguindo metodologia da EMBRAPA (2017).



Figura 3: Preparo das amostras: (A) secagem das amostras de solo; (B) destorroamento das amostras; (C) peneiramento das amostras para análise do estoque de carbono; (D) toalet das amostras para análise dos atributos físicos. Laboratório de física do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.

3.5 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

3.5.1 Densidade do solo

Determinada pelo método do anel (cilindro) volumétrico de volume conhecido, onde no laboratório após realizado toalet das amostras, o conjunto (anel+solo) foram expostos à 105°C em estufa de circulação forçada para obtenção da massa de solo seco com base na metodologia da EMBRAPA (2017), onde a densidade do solo foi obtida a partir da equação 1:

$$D_s = M/V_s \dots \dots \dots \text{eq. 1}$$

Em que:

D_s - densidade do solo (g/cm^3);

M - massa do solo seco a 105 °C (g);

V_s - volume do cilindro (cm^3).

3.5.2 Porosidade total

Determinada por meio das amostras do corpo de prova de cada tratamento de compactação para determinação da densidade do solo. Assim, determinou-se o volume de poros na amostra, conforme EMBRAPA (2017) (equação 2):

$$Pt (\%) = (Dr - Ds) * Dr \dots\dots\dots eq. 2$$

Onde:

Pt - porosidade total ($m^3 \cdot m^{-3}$);

Dr - densidade real ($Mg \cdot m^{-3}$);

Ds - densidade do solo ($Mg \cdot m^{-3}$).

3.5.3 Macroporosidade e Microporosidade

A determinação da macroporosidade (eq.3) e microporosidade (eq.4) foram realizadas com o auxílio da mesa de tensão, e a umidade volumétrica, determinada com base no volume, as quais foram saturadas durante 24 h, apresentada em porcentagem, e pesadas obtendo-se assim a massa do solo saturado, em seguida, foram submetidas à mesa de tensão e pesadas quantificando-se a massa do solo úmido, após este procedimento foram levadas à estufa a 105°C, por 24 h, e pesadas para obtenção da massa de solo seco. As determinações seguiram as metodologias contidas em EMBRAPA (2017) (equação 3 e 4).

Onde, para microporosidade utilizou-se a equação:

$$Mi (m^3 \cdot m^{-3}) = (a - b) / V \dots\dots\dots eq. 3$$

Em que:

Mi - microporosidade ($m^3 \cdot m^{-3}$);

a - massa do solo seco + água retida, após equilíbrio com um potencial de 6 kPa (60 cm de coluna de água) (g);

b - massa do solo seco a 105 °C (g);

V - volume total da amostra (cm^3).

Para obtenção da macroporosidade foi aplicada a seguinte equação:

$$Ma = (Pt - Mi) \dots\dots\dots eq. 4$$

Assim:

M_a - microporosidade ($m^3 \cdot m^{-3}$);

P_t - porosidade total ($m^3 \cdot m^{-3}$);

M_i - microporosidade ($m^3 \cdot m^{-3}$).

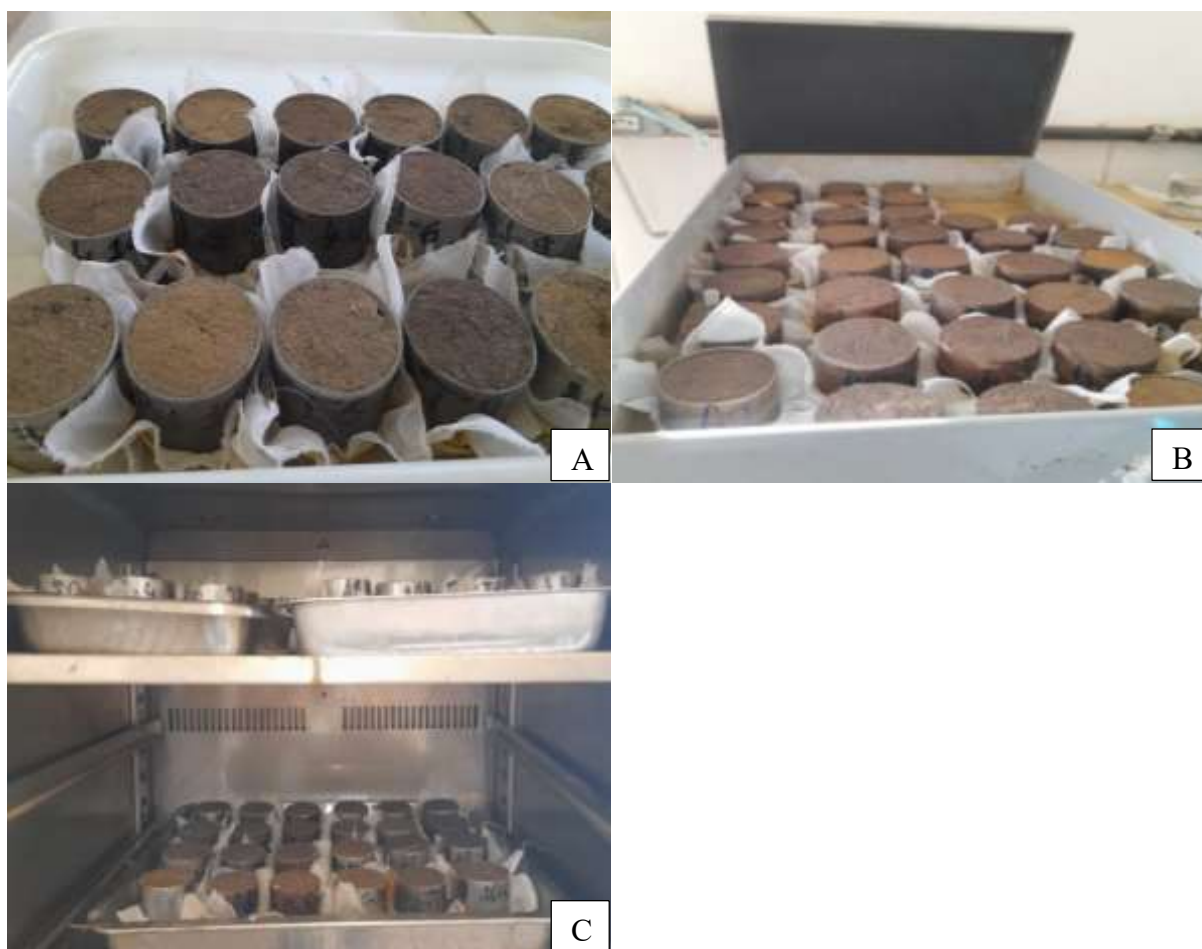


Figura 4: Determinação de macro e microporosidade: (A) saturação das amostras em cilindro; (B) amostras em mesa de tensão; (C) amostras em estufa. Laboratório de física do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.

3.6 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

3.6.1 Estoque de Carbono Orgânico Total (EstCOT)

O estoque de carbono orgânico total (EstCOT) foi determinado após a coleta das amostras deformadas com auxílio de um trado, a uma profundidade de 0,00-0,20 m. As amostras foram trituradas e tamisadas em uma peneira com malha de 2 mm de diâmetro para obtenção da TFSA. Em seguida, 0,25 g dessa amostra foi pesada e adicionada a um erlenmeyer contendo 5 ml de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), portanto, o COT foi determinado por meio

da oxidação a quente com $K_2Cr_2O_7$, e os resultados foram obtidos com base na metodologia da Embrapa (2017) (equação 5).

$$\text{EstCOT} = (C * Ds * e)/10 \dots\dots\dots \text{eq. 5}$$

Onde:

COT – carbono orgânico total ($g \cdot kg^{-1}$);

C – teor de carbono orgânico ($g \cdot kg^{-1}$)

Ds- densidade do solo do horizonte estudado ($kg \cdot dm^{-3}$)

e- espessura da camada (cm)

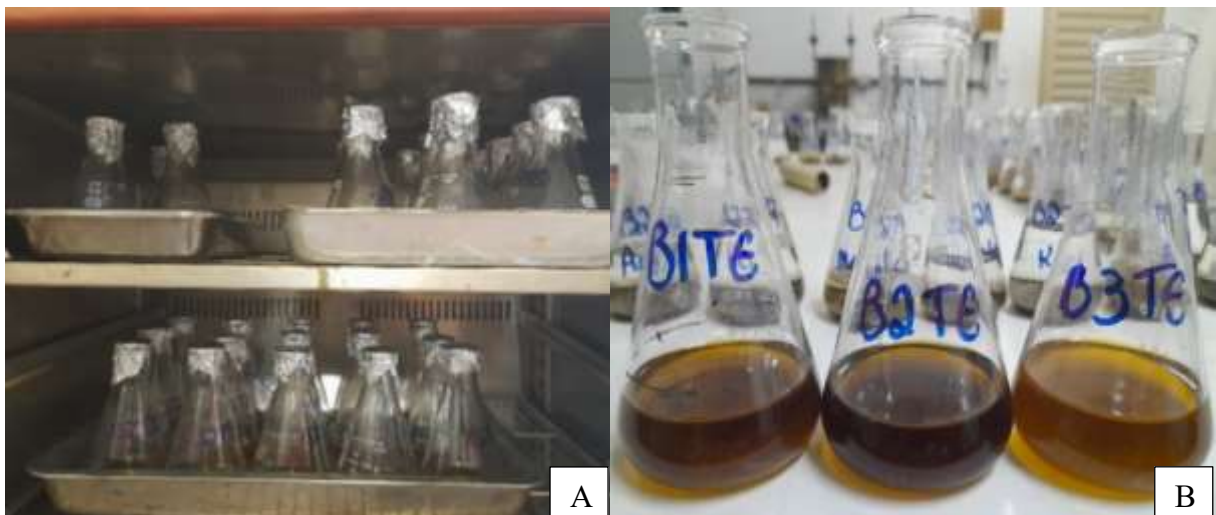


Figura 5: Análise de carbono: (A) amostras em estufa; (B) amostras prontas para titulação. Laboratório de química do solo na UNEB, Barreiras-Ba, 2024.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de estatística por meio da análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de média de Tukey a 1% e 5% de probabilidade, com a utilização do software estatístico Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB PLANTAS DE COBERTURA E NAS PROFUNDIDADES DE 0,00-0,10 E 0,10-0,20 m.

Os dados da análise da variância dos atributos físicos do solo apresentados na Tabela 2, indicam que houve um efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos cobertura do solo apenas para a variável microporosidade (Mic) e para profundidade houve um efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre as variáveis densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt). Observou-se também que houve interação significativa entre as plantas de cobertura e profundidade para todas as variáveis analisadas.

Tabela 2: Resumo da análise de variância (Teste F) das plantas de cobertura (C) e profundidade do solo (P) (0,00-0,10 e 0,10-0,20 cm) no Cerrado do Oeste da Bahia.

Fator Variação	G.L	Ds	Pt	Mac	Mic
Blocos	2	6,74**	5,74*	4,93*	1,17 ^{ns}
Cobertura (C)	8	1,63 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,34*
Profundidade (P)	1	14,14**	16,65**	1,52 ^{ns}	3,02 ^{ns}
C x P	8	2,55*	2,58*	2,40*	2,23*
Resíduo	34				
Total	53				
C.V (%)		5,93	8,85	44,77	12,51

Ds = densidade do solo (g cm^{-3}); Pt = porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Mac = macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Mic = microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). ** Significativo a 0,01 de probabilidade. * Significativo apenas a 0,05 de probabilidade. ^{ns} não significativo. CV = coeficiente de variação.

Com base na Tabela 3, entre as variáveis analisadas, a utilização de plantas de cobertura demonstrou um efeito significativo na microporosidade (Mic), com o tratamento contendo o mix BR+CC+PG destacando-se por proporcionar um aumento de $0,36 \text{ m}^3/\text{m}^3$ nesta variável. Este resultado está de acordo com os obtidos por Silva *et al.* (2022), que, ao avaliar o efeito das plantas de cobertura e do pousio nas propriedades físicas do solo, observaram valores superiores a $0,33 \text{ m}^3/\text{m}^3$, sendo assim, considerado um valor excelente para a retenção e armazenamento de água no solo e para a diminuição do escoamento. Em contrapartida, o tratamento com VU apresentou com o menor resultado ($0,26 \text{ m}^3/\text{m}^3$), sendo assim, o que menos contribuiu para o aumento da Mic.

Tabela 3: Valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) sob diferentes plantas de cobertura no Cerrado do Oeste da Bahia.

Plantas de Cobertura	Ds	Pt	Mac	Mic
----------------------	----	----	-----	-----

	$g\ cm^{-3}$	----- $m^3\ m^{-3}$ -----		
Testemunha	1,66 ^a	0,37 ^a	0,08a	0,28ab
VU	1,57 ^a	0,38 ^a	0,12a	0,26b
BR+RS+PG	1,54 ^a	0,42 ^a	0,09a	0,32ab
BR+CC+PG	1,54 ^a	0,44 ^a	0,08a	0,36a
BR+RS+PG+MAC	1,59 ^a	0,41 ^a	0,09a	0,32ab
BR+RS+CC+PG	1,61 ^a	0,39 ^a	0,09a	0,29ab
BR+STY+VU+PG	1,65 ^a	0,37 ^a	0,08a	0,29ab
BR+STY	1,57 ^a	0,40 ^a	0,09a	0,31ab
AGMIXPAS	1,52 ^a	0,42 ^a	0,10a	0,32ab
DMS	0,17	0,08	0,08	0,07

Testemunha = (*Pousio*); VU = (*Vigna unguiculata*); BR+RS+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Pennisetum glaucum*); BR+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+PG+MAC = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY+VU+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes* + *Vigna unguiculata* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes*); AGMIXPAS = (*AG Mix Pastejo*). Médias seguidas de letra diferente na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa.

Na Tabela 4, observa-se que as profundidades não influenciaram na macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic), no entanto, houve diferença significativa entre os tratamentos nas diferentes profundidades analisadas em relação a Ds e Pt. Desta forma, a Ds apresentou maiores valores ($1,63\ g\ cm^{-3}$) na profundidade 0,10-0,20 m, já na Pt os valores foram maiores ($0,42\ m^3\ m^{-3}$) na camada superficial de 0,00-0,10 m, sendo assim, os valores da Dt se mostraram menores ($1,53\ g\ cm^{-3}$) na camada superficial de 0,00 – 0,10 m, enquanto a Pt foi menor ($0,38\ m^3\ m^{-3}$) na profundidade de 0,10 -0,20 m. Resultados obtidos por Lima (2023) observando o efeito das plantas de cobertura nos atributos físicos do solo, observou que a densidade do solo sob diferentes plantas de cobertura é menor na camada de 0,00 – 0,10 m e a porosidade total é maior nesta mesma camada, o que corroboram com resultados encontrados nesta pesquisa.

Isso ocorre, pois, valores de densidade e porosidade possuem relação inversa, ou seja, quanto maior a densidade menor a porosidade total, uma vez que a densidade elevada favorece a diminuição da porosidade total, da permeabilidade e da infiltração de água, além de causar a destruição dos agregados do solo e favorece a elevação da resistência a penetração (PEDROSA, 2021).

Tabela 4: Valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.

Profundidade do solo (m)	Ds	Pt	Mac	Mic
	$g\ cm^{-3}$	----- $m^3\ m^{-3}$ -----		
0,00-0,10	1,53b	0,42 ^a	0,10a	0,32a
0,10-0,20	1,63a	0,38b	0,08a	0,30a
DMS	0,05	0,02	0,03	0,03

Testemunha = (*Pousio*); VU = (*Vigna unguiculata*); BR+RS+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Pennisetum glaucum*); BR+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+PG+MAC = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY+VU+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes* + *Vigna unguiculata* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes*); AGMIXPAS = (*AG Mix Pastejo*). Médias seguidas de letra diferente na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa.

Em relação a interação das plantas de cobertura com as diferentes profundidades, observou-se que todos os atributos físicos avaliados apresentaram diferenças significativas. Visto que, a Ds apresentou diferença significativa apenas na profundidade de 0,00 a 0,10 m, enquanto que a Pt, Mac e Mic, obtiveram diferença significativa apenas nas camadas superficiais de 0,10 – 0,20 m (Tabela 5).

Ainda conforme Tabela 5, percebe-se que o tratamento em que foi utilizado BR+RS+PG apresentou o menor valor de Ds na camada de 0,00-0,10 m com valor igual a 1,46 g cm⁻³. Já em relação a Pt observou-se que a utilização de BR+RS+PG; BR+RS+PG+MAC e BR+RS+CC+PG influenciaram na variável em profundidade, com maiores resultados encontrados na camada de 0,00 a 0,10 m.

As plantas de cobertura favorecem a diminuição da densidade do solo nas camadas superficiais do solo, Fonseca (2017) observou que em áreas com a utilização das gramíneas Trigo, Aveia Branca e Aveia Preta são eficientes na redução da densidade do solo na camada superficial do solo, enquanto que a porosidade total encontra-se elevada na camada subsuperficial, comprovando assim a relação inversa entre densidade do solo e porosidade total.

Em relação a Mac verifica-se que o único tratamento que apresentou diferença significativa foi BR+RS+CC+PG, onde foi encontrado resultados superiores na camada superficial de 0,00 a 0,10 m. Portanto, esses resultados são semelhantes aos obtidos por FRANZISKOWSKI *et al.* (2019), onde observou-se que o uso de mix de plantas de cobertura são eficientes na elevação da macroporosidade na camada superficial do solo.

A *brachiaria ruziziensis* são plantas de cobertura que possuem o sistema radicular denso e fibroso favorecendo a formação de agregados e, por consequência a infiltração de água e de ar no solo. O nabo forrageiro por sua vez possui um sistema radicular agressivo que promove uma maior exploração do solo mesmo em solos adensados. o feijão guandu possui sistema radicular extenso que favorece a penetração do solo que auxilia na melhoria da estrutura do solo e da macroporosidade, já o milheto possui sistema radicular fibroso e profundo que também auxilia na estabilidade dos agregados do solo e aumenta a formação de macroporos (CARVALHO *et al.*, 2022).

Desta forma percebe-se que a combinação de plantas de cobertura com diferentes sistemas radiculares como as analisadas mostra-se uma estratégia eficiente na melhoria da saúde

física do solo, uma vez que cada planta contribui de forma significativa no aumento da macroporosidade.

No que se refere a Mic, verificou diferença significativa tanto em relação aos tratamentos quanto em relação a profundidade, sendo que a utilização de BR+CC+PG mostrou resultados superiores em relação aos demais tratamento e a profundidade, sendo que em todos os tratamentos percebeu-se maior porosidade na camada de 0,00 a 0,10 m.

Silva *et al.* (2009) obtiveram resultados semelhantes, onde foi observado maiores valores de microporosidade na camada de 0,00 a 0,10 m com a utilização de feijão guandu e milho.

Farhate (2019), avaliando diferentes sistema de manejo e plantas de cobertura na cana de açúcar percebeu maior microporosidade na camada de 0,10 a 0,20 m o que diverge dos resultados encontrados nesta pesquisa, o que pode ser justificado devido ao curto período de execução desta pesquisa.

Tabela 5: Interação dos valores médios da densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) sob diferentes plantas de cobertura e profundidade do solo no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.

Plantas de Cobertura	Profundidades (m)		DMS
	0,00-0,10	0,10-0,20	
Densidade do Solo (g cm^{-3})			
Testemunha	1,53Aa	1,61Aa	
VU	1,62Aa	1,70Aa	
BR+RS+PG	1,46Ab	1,62Aa	
BR+CC+PG	1,54Aa	1,54Aa	
BR+RS+PG+MAC	1,56Aa	1,63Aa	0,15
BR+RS+CC+PG	1,50Ab	1,71Aa	
BR+STY+VU+PG	1,60Aa	1,70Aa	
BR+STY	1,53Aa	1,62Aa	
AGMIXPAS	1,49Aa	1,55Aa	
DMS	0,32		
Porosidade Total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)			
Testemunha	0,38Aa	0,35Aa	
VU	0,42Aa	0,39Aa	
BR+RS+PG	0,45Aa	0,39Ab	
BR+CC+PG	0,42Aa	0,41Aa	
BR+RS+PG+MAC	0,44Aa	0,38Ab	0,05
BR+RS+CC+PG	0,43Aa	0,35Ab	
BR+STY+VU+PG	0,39Aa	0,36Aa	
BR+STY	0,42Aa	0,38Aa	
AGMIXPAS	0,43Aa	0,41Aa	
DMS	0,12		
Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)			
Testemunha	0,09Aa	0,07Aa	
VU	0,10Aa	0,14Aa	
BR+RS+PG	0,11Aa	0,06Aa	
BR+CC+PG	0,09Aa	0,07Aa	

BR+RS+PG+MAC	0,11Aa	0,06Aa	0,07
BR+RS+CC+PG	0,13Aa	0,05Ab	
BR+STY+VU+PG	0,07Aa	0,09Aa	
BR+STY	0,09Aa	0,10Aa	
AGMIXPAS	0,10Aa	0,09Aa	
DMS	0,11		
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
Testemunha	0,29Aa	0,28ABa	
VU	0,32Aa	0,25Bb	
BR+RS+PG	0,33Aa	0,32ABa	
BR+CC+PG	0,34Aa	0,38Aa	
BR+RS+PG+MAC	0,33Aa	0,31ABa	0,06
BR+RS+CC+PG	0,39Aa	0,30ABa	
BR+STY+VU+PG	0,32Aa	0,26Bb	
BR+STY	0,33Aa	0,28ABa	
AGMIXPAS	0,33Aa	0,31ABa	
DMS	0,11		

Testemunha = (*Pousio*); VU = (*Vigna unguiculata*); BR+RS+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Pennisetum glaucum*); BR+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+PG+MAC = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY+VU+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes* + *Vigna unguiculata* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes*); AGMIXPAS = (*AG Mix Pastejo*). Médias seguidas de letra diferente na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa. Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2 CARBONO ORGÂNICO TOTAL, ESTOQUE DE CARBONO E UMIDADE DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0,00-0,20 M SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA.

Na tabela 6 observa-se os dados referentes a análise da variância (teste F) do teor de carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstCOT) e umidade volumétrica do solo (θ_v) na profundidade de 0,00-0,20 cm. Verifica-se que não houve diferença ($p \leq 0,05$) significativa dos tratamentos.

Tabela 6: Resumo da análise de variância (Teste F) para carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstCOT) e umidade volumétrica do solo (θ_v) no Cerrado do Oeste da Bahia.

Fator Variação	G.L	COT	EstCOT	θ_v
Blocos	2	8,30**	9,34**	1,80 ^{ns}
Tratamentos	8	0,69 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,161 ^{ns}
Resíduo	16			
Total	26			
C.V (%)		33,66	32,76	14,90

COT = carbono orgânico total (g kg⁻¹); EstCOT = Estoque de carbono orgânico (Mg ha⁻¹); θ_v % = Umidade volumétrica do solo (%). ** Significativo a 0,01 de probabilidade. * Significativo apenas a 0,05 de probabilidade. ^{ns} não significativo. CV = coeficiente de variação.

Na Tabela 7 observa-se que as plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa para as variáveis COT, estCOT e θ_v , onde, conforme Brandão (2024) o uso plantas de cobertura tende a auxiliar na elevação da concentração de carbono orgânico total e estoque

de carbono, porém tais efeitos são observados a longo prazo e, isso pode justificar os resultados obtidos nesta pesquisa, uma vez que, o experimento foi realizado dentro de um período de menos de um ano, podendo não ter sido tempo o suficiente para observar tais efeitos.

Em relação a θ_v , que está relacionada ao percentual de cobertura do solo e ao índice de precipitação, nota-se que essas variáveis coincidiram em todos os tratamentos, não havendo diferença significativa entre eles. No entanto, as plantas de cobertura podem elevar a quantidade da matéria orgânica do solo, isto, associado ao uso contínuo de plantas de cobertura pode aumentar a retenção de umidade no solo segundo resultados obtidos por Lal, (2020). Visto que, a condução deste experimento foi realizada dentro de um curto período de tempo, sem cultivos contínuos, pode assim justificar os resultados desta variável.

Tabela 7: Valores médios do carbono orgânico total (COT), estoque de carbono orgânico (EstCOT) e umidade volumétrica do solo (θ_v) sob diferentes plantas de cobertura no Cerrado do Oeste da Bahia Cerrado.

Plantas de Cobertura	COT	EstCOT	θ_v
	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹	%
Testemunha	4,05 a	13,43 a	8,28 a
VU	4,26 a	13,16 a	8,69 a
BR+RS+PG	4,68 a	14,57 a	10,70 a
BR+CC+PG	6,39 a	19,56 a	8,98 a
BR+RS+PG+MAC	6,18 a	19,88 a	9,46 a
BR+RS+CC+PG	5,32 a	17,22 a	9,47 a
BR+STY+VU+PG	4,90 a	16,38 a	9,07 a
BR+STY	4,90 a	15,36 a	9,60 a
AGMIXPAS	5,90 a	18,35 a	10,97 a
DMS	5,07	15,64	4,09

Testemunha = (*Pousio*); VU = (*Vigna unguiculata*); BR+RS+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Pennisetum glaucum*); BR+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+PG+MAC = (*Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+RS+CC+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* + *Cajanus cajan* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY+VU+PG = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes* + *Vigna unguiculata* + *Pennisetum glaucum*); BR+STY = (*Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes*); AGMIXPAS = (*AG Mix Pastejo*). Médias seguidas de letra diferente na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa

5. CONCLUSÃO

As plantas de cobertura demonstraram um efeito significativo na Mic, onde entre os tratamentos analisados, o mix BR+CC+PG destacou-se por proporcionar maior aumento desta variável.

A densidade e a porosidade total foram influenciadas pelo uso de plantas de cobertura nas diferentes camadas do solo.

Todos os atributos físicos avaliados apresentaram diferenças significativas em relação à interação das plantas de cobertura com as diferentes profundidades, onde a Ds mostrou variação significativa apenas na camada de 0,00 a 0,10 m, enquanto a porosidade total Pt, Mac e Mic apresentaram diferenças nas camadas superficiais até 0,20 m.

As plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa para as variáveis COT, EstCOT e θ_v na profundidade de 0,00-0,10 cm.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Mapa de classificação climática de Koppen para o Brasil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 2013.
- BRANDÃO, Adriana. Sistemas agroflorestais promovem estoque de carbono no solo 30% maior do que o da vegetação natural. Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/89033486/sistemas-agroflorestais-promovem-estoque-de-carbono-no-solo-30-maior-do-que-o-da-vegetacao-natural>. Acesso em: 11/06/2024.
- CARVALHO, Martha Lustosa et al. Guia prático de plantas de cobertura: Aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo. **ESALQ-USP**, 2022.
- CARDOSO, Dione P. et al. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. *Revista brasileira de ciências agrárias*, v.8, n.3, p.375-382, 2013.
- COSTA, Adilson Alves et al. Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia. *Brazilian journal of development*. Curitiba, v. 6, n. 5, p.32294-32306, 2020.
- COSTA, A. et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.235-244, 2009.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Ed.3º, Brasília, DF. 2017.
- FARHATE. Camila Viana Vieira. **Expansão de canavial e sistemas de manejo conservacionistas para produção de cana-de-açúcar no sudeste brasileiro**. Tese doutorado. Campinas – SP, 2019.
- FONSECA, Juliane Silveira. Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivas. Alegre- RS, 2017.
- FRANCZISKOWSKI, Márcio André et al. Propriedades físicas do solo no sistema de plantio direto e preparo reduzido, cultivado com plantas de cobertura. *Revista Engenharia na Agricultura – REVENG*, V.27, n.6, p.556-564, 2019.
- FREITAS et al. Identificação e caracterização físico-química de latossolos de textura arenosa e média da região Oeste da Bahia. *Cadernos de Geociências*, v. 11, n. 1-2, nov. 2014.
- GOMES, J. B. V. et al. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. Viçosa- *Revista Brasileira de Ciências do solo*, v. 28, n.1, p.137-153, 2004.
- IMBANA, Rugana et al. Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo. *Revista Verde* 16:4, 351-357, 2021.
- LAL, Rattan. Soil Organic Matter and Water Retention. *Agronomy Journal*. doi: 10.1002/agj2.20282, 2020.
- LAMAS, Fernando Mendes. Artigo plantas de cobertura. Embrapa, 2017.

- LIMA, Júlia Follmann de. Sistema plantio direto do repolho sob diferentes plantas de Cobertura. Cerro Largo, 2023.
- MACHADO, Érika Beatriz Nogueira. Plantas de cobertura e doses de nitrogênio na cultura do milho em solos arenosos no Cerrado da Bahia. Barreiras, 2021.
- MATIAS, S. S. R et al. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2012.
- MOTA, M.S. et al. Qualidade e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de manejo. Revista Agrarian, Dourados, v.4, n.12, p.105- 112, 2011.
- OLIVEIRA, Hanrara Pires de. **Estoque de carbono e fosforo influenciam na qualidade do solo com plantas de cobertura longo prazo**. Dissertação – Mestrado (USP). Piracicaba, 2024.
- PACHECO, Leandro Pereira et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no cerrado piauiense. Bragantia, v. 72, p. 237-246, 2013.
- PLÁCIDA PALHACI, M. C. J. et al. Percepções sobre o cerrado encontradas em graduandos em engenharias da universidade estadual paulista de Bauru. Guimarães, Portugal, 2014.
- PEDROSA, Gabriel Marques. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e sua relação com a produtividade do sorgo. Uberlândia – MG, 2021.
- SENA, C. C. R. et al. Atributos físicos-hídricos de solos do cerrado. Ipameri-Goiânia, Goiás. Revista Agrotecnologia, v.12, n.1, p.80-91, 2021.
- SILVA, Mariana Aguilar et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. Research, Society and Development, v. 10, n.12, 2021.
- SILVA, Mariana Aguilar et al. Desempenho produtivo da soja cultivada sobre palhada de mix de plantas de cobertura. Resumos, **IX Congresso Brasileiro de Soja** – 2022.
- SILVA, Jordhanna Marília et al. Estimativa da macroporosidade e microporosidade em função de sistemas de manejo e plantas de cobertura em Latossolo Vermelho cultivado com soja. Research, Society and Development, v. 11, n. 3, 2022.
- SILVA JÚNIOR, Jorge da et al. **Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano**. 2019. 94f, Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.
- SILVA, Monica Martins da et al. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. Revista Ceres, vol. 56, n. 1 p .103-111. 2009.
- SILVEIRA, Pedro Marques da; STONE, Luís Fernando. Plantas de cobertura dos solos do Cerrado. Embrapa: sorgo e feijão. Santo Antônio de Goiás – GO, 2010.
- VEZZANI, Fabiane Machado and MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2011, vol.35, n.1, pp.213-223.
- WEIRICK, Fernando; Valandro, Luan. Uso de plantas de cobertura de solo: efeito na emergência de plantas daninhas e produtividade da soja. São Miguel do Oeste – SC, 2021.