

PRODUÇÃO DE BIOMASSA E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS POR MIX DE PLANTAS DE COBERTURA NA REGIÃO DO CERRADO: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS¹

BIOMASS PRODUCTION AND WEED CONTROL BY COVER CROP MIXES IN THE CERRADO REGION: EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT COVER CROP IN WEED CONTROL

MISQUITA, Lucas José Oliveira²

SILVA, Vichthor Huggo Oliveira da³

CAETANO, Edmilson Júnio Medeiros⁴

RESUMO

O uso de plantas de cobertura associado à aplicação de microrganismos promotores de crescimento constitui uma estratégia importante para a melhoria da qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Este estudo avaliou o efeito de diferentes espécies e combinações de plantas de cobertura, associadas a microrganismos multifuncionais, sobre a produção de biomassa e a dinâmica das ervas daninhas no Cerrado goiano. O experimento foi conduzido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás (GO), durante a safra de 2023, em delineamento de blocos ao acaso, fatorial 5×3 , com quatro repetições. Foram testadas cinco coberturas (pousio, milho, trigo-mourisco, mix 1 e mix 2) e três formas de aplicação de microrganismos (Embrapa, comercial e controle). Houve efeito significativo das coberturas sobre a biomassa seca das plantas e das ervas daninhas, bem como interação entre cobertura e microrganismos. Aos 90 dias após a semeadura (DAS), o milho e o mix 1 apresentaram as maiores biomassas de cobertura, com 8.526 e 7.513 kg ha⁻¹, respectivamente. A biomassa das plantas daninhas variou conforme a cobertura: o milho apresentou incremento de 1.319%, o trigo-mourisco 237% e o mix 2 cerca de 115%, enquanto o mix 1 e o pousio reduziram 57,7% e 21,9%, respectivamente. Os microrganismos da Embrapa apresentaram tendência de melhor desempenho, com biomassa média de 1.665 kg ha⁻¹ aos 60 DAS. Conclui-se que a combinação de plantas de cobertura diversificadas e microrganismos benéficos aumenta a biomassa, melhora a sanidade do solo e contribui para sistemas agrícolas mais sustentáveis no Cerrado.

Palavras-chave: plantas de cobertura; biomassa; microrganismos; benéficos; Cerrado; sustentabilidade do solo.

¹Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Mais - UNIMAIS, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, no segundo semestre de 2025

²Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Agronomia pelo Centro Universitário Mais - UNIMAIS. E-mail: lucasj@aluno.facmais.edu.br

³Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Agronomia pelo Centro Universitário Mais - UNIMAIS. E-mail: vichthorhuggo@aluno.facmais.edu.br

⁴ Professor(a)-Orientador(a). Mestre em Engenharia Agrícola. Docente do Centro Universitário Mais - UNIMAIS. E-mail: edmilson.caetano@facmais.edu.br

ABSTRACT

The use of cover crops associated with the application of plant growth-promoting microorganisms is an important strategy for improving soil quality and enhancing the sustainability of agricultural systems. This study evaluated the effect of different species and combinations of cover crops, in association with multifunctional microorganisms, on biomass production and weed dynamics in the Cerrado region of Goiás, Brazil. The experiment was carried out at the Capivara Farm, Embrapa Arroz e Feijão, in Santo Antônio de Goiás (GO), during the 2023 growing season, in a randomized block design arranged in a 5 × 3 factorial scheme with four replications. Five cover crops (fallow, pearl millet, buckwheat, mix 1, and mix 2) and three types of microorganism applications (Embrapa, commercial, and control) were tested. There was a significant effect of cover crops on plant and weed dry biomass, as well as interaction between cover crops and microorganisms. At 90 days after sowing (DAS), pearl millet and mix 1 showed the highest cover crop biomasses, with 8,526 and 7,513 kg ha⁻¹, respectively. Weed biomass varied among treatments: pearl millet showed an increase of 1,319%, buckwheat 237%, and mix 2 around 115%, while mix 1 and fallow decreased by 57.7% and 21.9%, respectively. The Embrapa microorganisms presented a tendency toward better performance, with an average biomass of 1,665 kg ha⁻¹ at 60 DAS. It is concluded that the combination of diversified cover crops and beneficial microorganisms increases biomass, improves soil health, and contributes to more sustainable agricultural systems in the Cerrado region.

Keywords: cover crops; biomass; beneficial microorganisms; Cerrado; soil sustainability

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é uma das principais regiões agrícolas do Brasil, caracterizado por solos altamente intemperizados e um regime climático marcado por períodos de seca e chuvas intensas. Nesse contexto, o uso de plantas de cobertura tem se mostrado uma estratégia fundamental para a melhoria da qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Carvalho *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2023). Dentre os benefícios proporcionados por essas culturas, destacam-se o aumento da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, a conservação da umidade do solo e o controle de plantas daninhas (Silva *et al.*, 2021).

A utilização de mix de plantas de cobertura, ou seja, a combinação de diferentes espécies vegetais com características complementares, tem sido amplamente estudada como alternativa para potencializar a produção de biomassa e aumentar a eficiência no controle de plantas invasoras (Silva *et al.*, 2023; Andrade *et al.*, 2025). Espécies como braquiária (*Urochloa spp.*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia-preta (*Avena strigosa*) e crotalária (*Crotalaria spp.*) são frequentemente utilizadas nesses consórcios devido à sua capacidade de rápido crescimento, cobertura do solo e produção de compostos alelopáticos que inibem a germinação de plantas daninhas (Veloso *et al.*, 2022).

A alta produção de biomassa proporcionada pelos mix de plantas de cobertura contribui diretamente para a supressão das plantas invasoras ao formar uma camada densa de palhada sobre o solo, reduzindo a incidência de luz necessária para a germinação das sementes das espécies daninhas (Silva *et al.*, 2023; Dong *et al.*,

2024). Além disso, essas coberturas vegetais promovem um ambiente biológico mais equilibrado, favorecendo a biodiversidade do solo e melhorando sua estrutura física e química (Souza, 2024; Carvalho *et al.*, 2024)

Portanto, a adoção de mix de plantas de cobertura na região do Cerrado representa uma prática eficiente e sustentável para a produção agrícola, possibilitando um manejo integrado das plantas daninhas e garantindo maior estabilidade produtiva dos cultivos subsequentes (Andrade *et al.*, 2025; Santos *et al.*, 2021). Pesquisas na área têm demonstrado que a escolha adequada das espécies e o manejo correto da biomassa são fatores essenciais para maximizar os benefícios desse sistema (Santos *et al.*, 2021).

Diante da dificuldade em recompor a microbiota do solo, suprimir plantas daninhas e promover a ciclagem de nutrientes por meio das culturas de cobertura, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho em produção de biomassa e na supressão de plantas daninhas de diferentes espécies de cobertura, cultivadas individualmente ou em consórcio (mix), visando comparar a eficiência e o potencial de cada sistema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Importância das plantas de cobertura no sistema de produção agrícola

O uso de plantas de cobertura representa uma prática agroecológica fundamental no manejo sustentável dos sistemas agrícolas, especialmente em regiões de clima tropical, como o Cerrado brasileiro. Essas espécies, cultivadas sem fins comerciais, têm como principal objetivo proteger e melhorar o solo, desempenhando funções essenciais como cobertura vegetal, proteção contra erosão, controle de plantas daninhas, ciclagem de nutrientes, retenção de umidade e melhoria da estrutura física e biológica do solo (Cruz *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a utilização de mixes de espécies como aveia-preta, crotalária e nabo forrageiro tem se destacado como estratégia eficiente no Cerrado, promovendo elevada produção de biomassa e suprimindo plantas invasoras por meio da formação de cobertura densa e da liberação de compostos alelopáticos (Silva *et al.*, 2015, 2021). Essa diversidade funcional contribui para um solo mais protegido, fértil e equilibrado, favorecendo o desenvolvimento saudável das culturas comerciais.

Nas condições edafoclimáticas do Cerrado, que se caracterizam por solos ácidos, baixa fertilidade natural e períodos secos prolongados, o uso de plantas de cobertura torna-se ainda mais relevante. Essas culturas reduzem a degradação do solo e favorecem a conservação da matéria orgânica, promovendo um ambiente mais equilibrado para o desenvolvimento das lavouras (Pacheco *et al.*, 2011). A presença de cobertura vegetal sobre o solo também desempenha um papel determinante na proteção contra os impactos diretos das chuvas, reduzindo o escoamento superficial e promovendo a infiltração de água. As raízes das plantas de cobertura contribuem para a formação de agregados estáveis, melhorando a estrutura física do solo e reduzindo perdas por erosão hídrica e eólica (Borghi *et al.*, 2014).

Além disso, pesquisas recentes reforçam que a eficácia das plantas de cobertura vai além da proteção física do solo, envolvendo também a complexa interação entre biodiversidade funcional e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A utilização de mixes diversificados, compostos por espécies com distintas características morfológicas e fisiológicas, como gramíneas, leguminosas e

crucíferas, contribui para o fornecimento equilibrado de nutrientes, a melhoria da porosidade e a promoção da biota edáfica, criando um ambiente propício para o desenvolvimento radicular das culturas comerciais (Teixeira *et al.*, 2020; Veloso *et al.*, 2022).

A diversidade funcional, portanto, não apenas potencializa a produção de biomassa e a cobertura do solo, mas também favorece a sinergia entre os componentes do agroecossistema, aumentando sua resiliência frente às mudanças climáticas e à escassez hídrica, fatores críticos no Cerrado (Veloso *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021).

Além disso, as plantas de cobertura exercem papel estratégico no manejo agroecológico de plantas daninhas, especialmente em áreas com histórico de resistência a herbicidas. A liberação de compostos alelopáticos por espécies como o nabo-forrageiro e a crotalária reduz o banco de sementes viáveis no solo e limita o crescimento de invasoras, minimizando o uso de defensivos químicos e promovendo um manejo integrado mais sustentável (Lopes *et al.*, 2018; Nascente *et al.*, 2015; Souza e Almeida, 2021). Essa abordagem integrada também contribui para a mitigação dos impactos ambientais associados à agricultura convencional, como a contaminação dos recursos hídricos e a perda da biodiversidade do solo.

Por fim, o manejo adequado das plantas de cobertura pode ser decisivo na restauração da fertilidade natural dos solos tropicais, promovendo a fixação biológica de nitrogênio, o aumento da matéria orgânica e a redução da compactação superficial (Pacheco *et al.*, 2011; Karam *et al.*, 2016). Assim, a inserção planejada dessas espécies no sistema produtivo não apenas representa uma alternativa sustentável de manejo, mas também um investimento estratégico na perenidade da agricultura no Cerrado.

2.2 Produção de biomassa pelos mixes de plantas de cobertura

A produção de biomassa é um dos pilares centrais no desempenho das plantas de cobertura dentro de sistemas conservacionistas de produção. Essa biomassa atua como base para diversos processos ecológicos que melhoram o funcionamento do agroecossistema, com impactos diretos sobre a fertilidade do solo, a dinâmica de nutrientes e a resiliência do sistema produtivo. No contexto do Cerrado, onde a sazonalidade climática e a degradação de solos são desafios frequentes, os mixes de plantas de cobertura vêm se destacando como alternativa altamente eficiente para promover a sustentabilidade agrícola (Santos *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2020).

A diversificação funcional dos mixes, geralmente compostas por gramíneas, leguminosas e espécies crucíferas, permite uma ocupação mais completa do solo, tanto em superfície quanto em profundidade. As gramíneas, como o milheto (*Pennisetum glaucum*), promovem a formação de elevada quantidade de biomassa aérea e radicular, contribuindo para o aumento da matéria orgânica. Já as leguminosas, como a crotalária (*Crotalaria juncea*) e o feijão-guandu (*Cajanus cajan*), apresentam capacidade de fixação biológica de nitrogênio, o que contribui para a fertilidade natural do solo. As crucíferas, como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), têm ação descompactadora devido às suas raízes pivotantes, além de exercerem efeitos alelopáticos sobre sementes de plantas daninhas (Silva *et al.*, 2021; Nascente *et al.*, 2015).

Estudos de longo prazo realizados pela Embrapa Cerrados demonstram que a adoção de sistemas com alta produção de biomassa vegetal pode reduzir em até 80%

a incidência de plantas daninhas em relação a áreas descobertas ou cultivadas com monoculturas de cobertura. Esse efeito é atribuído não apenas ao sombreamento e à competição por recursos, mas também à liberação de compostos químicos inibidores no solo (Nascente *et al.*, 2015; Veloso *et al.*, 2022).

Além disso, uma cobertura vegetal densa e diversificada contribui para a manutenção da umidade do solo, protegendo-o da radiação solar direta, da erosão hídrica e da compactação por impacto de chuvas. A palhada formada atua como isolante térmico, reduzindo a amplitude térmica do solo, o que é benéfico para a atividade biológica e para o enraizamento das culturas subsequentes (Silva *et al.*, 2017). Em solos arenosos do Cerrado, por exemplo, observou-se que áreas cobertas com mixes de crotalária e milho retiveram até 30% mais água no perfil de 0 a 20 cm do solo, em comparação com áreas nuas.

A época de semeadura e o manejo das plantas de cobertura são fatores críticos para o sucesso do sistema. No Cerrado, a semeadura logo no início da estação chuvosa, geralmente entre outubro e novembro, permite o pleno desenvolvimento vegetativo das espécies selecionadas. O uso de semeadura direta, bem como a rolagem mecânica da cobertura para formação de palhada no manejo pré-plantio da cultura principal, são estratégias recomendadas para maximizar os benefícios agrônômicos (Teixeira *et al.*, 2020).

Outro ponto relevante é a melhoria da qualidade física do solo. A presença contínua de raízes vivas estimula a formação de agregados estáveis, melhora a porosidade e favorece a infiltração de água. Isso reduz o risco de encharcamento superficial e contribui para a recarga de aquíferos, além de reduzir a lixiviação de nutrientes como potássio e nitrato (Souza e Almeida, 2021).

Em síntese, os sistemas com mixes de plantas de cobertura não apenas produzem maiores volumes de biomassa, mas também promovem uma série de serviços ecossistêmicos fundamentais para a sustentabilidade dos agroecossistemas tropicais. Sua adoção, especialmente em regiões com solos frágeis e regimes pluviométricos irregulares como o Cerrado, representa uma estratégia inteligente para restaurar a funcionalidade do solo e reduzir a dependência de insumos externos.

2.3 Mecanismos de controle de plantas daninhas por plantas de cobertura

Plantas de cobertura atuam no controle de plantas daninhas por diversos mecanismos, como a competição por recursos essenciais (luz, água e nutrientes), o efeito físico da cobertura do solo, funcionando como barreira mecânica e reduzindo a incidência de luz (tela de sombreamento), e a alelopatia, por meio da liberação de substâncias químicas que inibem o desenvolvimento de espécies daninhas.

Em sistemas agrícolas do Cerrado, estudos têm demonstrado a eficácia de espécies como milho, crotalária e braquiária na supressão de plantas daninhas, tanto por competição quanto por efeitos alelopáticos, contribuindo para a redução do uso de herbicidas e melhoria da qualidade do solo (Silva *et al.*, 2019; Souza e Almeida, 2021).

O controle de plantas daninhas é um dos grandes desafios da agricultura moderna, principalmente em áreas com cultivo intensivo. As plantas de cobertura oferecem uma alternativa viável e ambientalmente responsável, atuando por diferentes mecanismos de supressão das invasoras (Silva *et al.*, 2023).

O primeiro desses mecanismos é a competição por recursos, como luz, água e nutrientes. As plantas de cobertura bem estabelecidas ocupam o espaço físico do solo

e captam os recursos antes que as daninhas possam se desenvolver, reduzindo sua emergência e crescimento (Karam *et al.*, 2016). O desenvolvimento rápido e vigoroso dessas espécies é determinante para garantir sua superioridade competitiva.

O segundo mecanismo está relacionado ao efeito físico da cobertura do solo. A palhada formada por essas culturas atua como uma barreira mecânica e térmica, diminuindo a entrada de luz e baixando a temperatura do solo, condições que desfavorecem a germinação de sementes fotoblásticas positivas (Lopes *et al.*, 2018). Esse sombreamento natural, também conhecido como *mulching*, impede o florescimento de diversas espécies invasoras e reduz a oscilação térmica na camada superficial do solo, estabilizando o microclima edáfico.

Por fim, destaca-se o papel da alelopatia, que consiste na liberação de compostos bioquímicos pelas plantas de cobertura, capazes de inibir a germinação ou o crescimento de outras espécies vegetais. Espécies como crotalária, nabo forrageiro, aveia-preta e milheto possuem reconhecido potencial alelopático, sendo amplamente utilizadas em sistemas de rotação e plantio direto (Silva *et al.*, 2015; Ferreira e Borghetti, 2004). Estudos mostram que os compostos fenólicos e ácidos orgânicos liberados durante a decomposição da biomassa têm ação direta sobre sementes e plântulas invasoras, reduzindo sua viabilidade.

Pesquisas realizadas no Cerrado apontam que o uso de consórcios entre essas espécies resulta em maior produção de biomassa e maior eficácia na supressão de espécies invasoras de difícil controle, como *Digitaria insularis* e *Eleusine indica* (Pacheco *et al.*, 2013; Souza e Almeida, 2021). Esses resultados reforçam que a diversidade funcional dos mixes promove uma ação sinérgica entre competição, sombreamento e alelopatia.

Além disso, estudos recentes destacam que o uso continuado e estratégico de plantas de cobertura reduz o banco de sementes de plantas daninhas ao longo do tempo, favorecendo o equilíbrio ecológico e diminuindo a pressão seletiva por espécies resistentes a herbicidas (Veloso *et al.*, 2022). Essa abordagem integrada contribui não apenas para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, mas também para a conservação da biodiversidade do solo.

Portanto, os mecanismos de supressão proporcionados pelas plantas de cobertura representam uma ferramenta indispensável no manejo integrado de plantas daninhas no Cerrado, promovendo um sistema produtivo mais equilibrado, resiliente e de menor impacto ambiental.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Fazenda Capivara, Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão), em Santo Antônio de Goiás-GO, a 16°28'00" S, 49°17'00" W, e altitude de 823 m, na safra de 2023. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Tropical Aw - com temperatura média de 23,3 °C e precipitação média de 1428 mm.

O solo predominante na região é classificado como latossolo vermelho ácrico (Santos *et al.*, 2018). Antes de instalar os experimentos, foram realizadas análises químicas do solo realizada, conforme metodologia descrita por Donagema *et al.* (2011), com os seguintes resultados: pH (H₂O) = 5,5; Ca²⁺ = 14,2 mmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 6,1 mmolc dm⁻³; H + 56 Al³⁺ = 27 mmolc dm⁻³; P = 12,9 mg dm⁻³; K⁺ = 81 mg dm⁻³; Cu²⁺ = 1,4 mg dm⁻³; Zn²⁺ = 4,3 mg dm⁻³; Fe³⁺ = 21 mg dm⁻³; Mn²⁺ = 13,7 mg dm⁻³, e matéria orgânica = 33,8 g kg⁻¹.

As sementes utilizadas foram da empresa parceira, seguindo todas as recomendações de semeadura, como milho (tratamento 2) - 20 kg/ha- 100g/ parcela- 50/passada; trigo mourisco (tratamento 3) - 70 kg/ha- 315g/ parcela- 157,5/passada; mix 1 (tratamento 4) - 35 kg/ha- 160g/ parcela- 80/passada e mix 2 (tratamento 5) - 35 kg/ha- 160g/ parcela- 80/passada. Além disso, o tratamento 1 é o pousio, porém todos foram realizados a adubação de 100 kg/ha de superfosfato simples.

O mix 1 é composto por aveia-preta, aveia-branca, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, nabo forrageiro e *capim coroa-cana* e o mix 2 por aveia-preta, *C. spectabilis*, nabo forrageiro e trigo mourisco.

As parcelas tinham dimensão de 5 m x 10 m de comprimento, e a área útil de cada parcela foi composta pelas três linhas centrais, desconsiderando 0,50 m de cada lado. As plantas de coberturas foram semeadas após a colheita da soja, cultivada no verão, em março de 2023. Foi utilizado espaçamento de 0,20 m entre linhas, com profundidade de 2 cm.

As avaliações da biomassa vegetal das ervas daninhas foram realizadas 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) e as plantas de cobertura foram realizadas aos 90 DAS. Para a coleta de biomassa vegetal, foi colocado um quadrado metálico com área de 1 m², coletado aleatoriamente em cada parcela. Na área quadrada, a parte aérea de todas as plantas daninhas foi coletada e depois secada em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas até atingir massa constante.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso no esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Assim, os tratamentos foram compostos pela combinação de cinco rotações de (soja/pousio/feijão-comum, soja/milho/feijão-comum, soja/trigo mourisco/feijão-comum, soja/mix1/feijão-comum e soja/mix2/feijão-comum) e com três formas de aplicações de microrganismos benéficos/promotores de crescimento (1. Microrganismo Embrapa (*Serratia marcescens* (BRM 32114), *Bacillus sp.* (BRM 63573), *Azospirillumbrasilense* (AB V5) e *Trichoderma koningiopsis* (BRM 53736)), 2. Microrganismo parceiro (microrganismo + penergetic) e 3. Controle (sem microrganismos).

Os dados foram submetidos à análise de variância e médias significativas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizando o software Sisvar 5.6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de biomassa das coberturas e das ervas daninhas e também da eficiência de diferentes microrganismos para o aumento da biomassa, considerando suas interações com as culturas de cobertura, estão apresentados na tabela 1. Houve efeito significativo das coberturas vegetais sobre a biomassa seca, tanto das plantas de cobertura (avaliadas aos 90 dias após a semeadura – DAS) quanto das ervas daninhas (aos 30 e 60 DAS).

Tabela 01 - Biomassa seca de plantas de cobertura vegetal e de ervas daninhas, em função de diferentes coberturas e de microrganismos multifuncionais, avaliadas aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) para as ervas daninhas e aos 90 DAS para as plantas de cobertura.

Cobertura	Biomassa	30 DIAS	60 DIAS
		kg ha ⁻¹	
Pousio	4125 b	5639 a	4402 ab
Trigo Mourisco	5049 b	1830 bc	6168 a
Milheto	8526 a	0,566 c	8,03 c
Mix 1	7513 a	2186 b	925 c
Mix 2	5879 b	1702 bc	3669 b
Microrganismo			
Embrapa	6165	1665	4660
Comercial	6055	2328	2414
Controle	7095	2821	2029
Fatores			
Cobertura (C)	0,000*	0,000*	0,001*
Microrganismo (M)	0,007*	0,091	0,062
C * M	0,854	0,007*	0,002*

ns, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação.

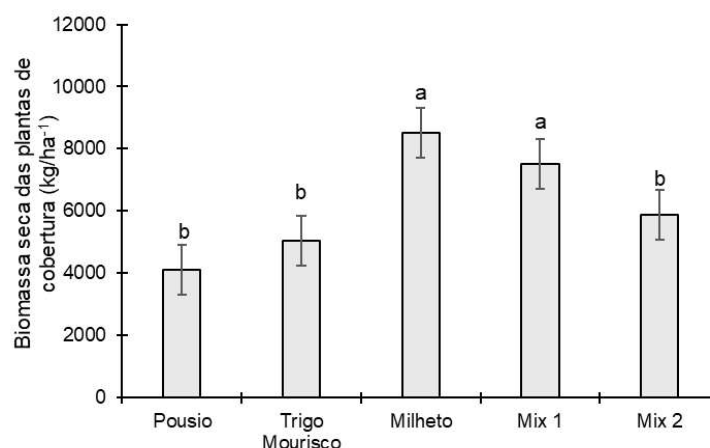
Embrapa: *Serratia marcescens* (BRM 32114), *Bacillus* sp. (BRM 63573), *Azospirillum brasilense* (AB V5) e *Trichoderma koningiopsis* (BRM 53736). Comercial: *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* e *Azospirillum brasilense* + penergetic. Mix 1: aveia-preta (*Avena strigosa*), aveia-branca (*Avena sativa*), Crotalária-ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Crotalária-juncea (*Crotalaria juncea*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e capim-coroaçana (*Panicum maximum*). Mix 2: aveia-preta (*Avena strigosa*), Crotalária-espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Aos 90 DAS, o milheto e o mix 1 apresentaram as maiores biomassas de cobertura (8.526 e 7.513 kg ha⁻¹, respectivamente), diferindo significativamente das demais coberturas (figura 1). Esse resultado demonstra a elevada capacidade dessas espécies em acumular matéria seca e promover cobertura do solo, características desejáveis para sistemas conservacionistas. O milheto (*Pennisetum glaucum*) destaca-se pelo vigor no crescimento inicial, pela formação de um sistema radicular profundo e eficiente e pela elevada capacidade fotossintética, fatores que contribuem para o rápido acúmulo de biomassa em períodos curtos de desenvolvimento (Santos *et al.*, 2023). Já o mix 1, composto por gramíneas e leguminosas, apresentou bom desempenho devido à complementaridade entre espécies de crescimento rápido e fixadoras de nitrogênio, o que melhora o vigor e a produtividade da fitomassa.

Por outro lado, o pousio, o trigo mourisco e o mix 2 apresentaram menores valores de biomassa de cobertura, o que contribuiu para maior incidência de ervas daninhas nas respectivas parcelas. Essa diferença confirma a importância da ocupação do solo por espécies de crescimento vigoroso e de ciclo mais longo, capazes de reduzir os espaços ecológicos disponíveis para plantas espontâneas.

Figura 01 - Biomassa seca das plantas de cobertura vegetal, em função de diferentes microrganismos multifuncionais, avaliadas aos 90 dias após a semeadura (DAS).



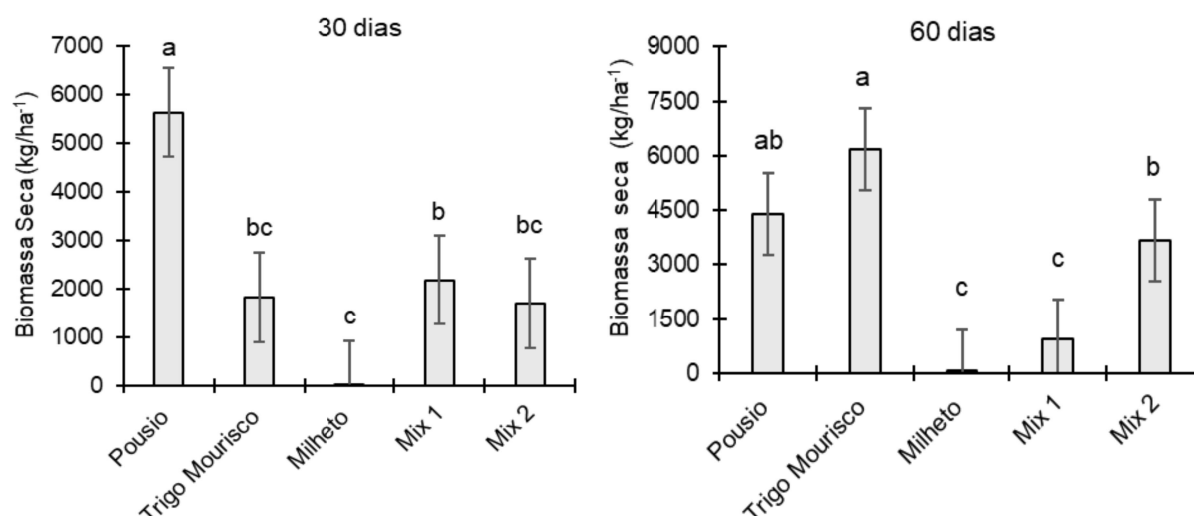
Fonte: Elaborado pelos autores.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A biomassa das ervas daninhas nas áreas de pousio e mix 1 apresentou redução do total entre 30 e 60 dias, ao contrário dos outros tratamentos. O milho destacou-se com o maior incremento percentual, alcançando um aumento de 1319% na biomassa de ervas daninhas, seguido pelo trigo mourisco, com um aumento de aproximadamente 237%, e pelo mix 2, com cerca de 115% (figura 2). Em contrapartida, no mix 1, houve uma redução de biomassa de 57,7%, enquanto no pousio apresentou uma queda de 21,9%. Apesar do grande aumento percentual observado no tratamento com milho, os valores absolutos de biomassa permaneceram baixos.

Aos 30 dias, o tratamento com pousio apresentou a maior quantidade de biomassa, com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), destacando-se pelos valores absolutos. Em seguida, os tratamentos com trigo mourisco, mix 1 e mix 2 mostraram-se superiores, enquanto o milho teve o menor valor absoluto de biomassa. Aos 60 dias, o maior valor de biomassa foi observado no trigo mourisco ($p < 0,05$), que apresentou elevados valores absolutos, seguido de pousio, mix 2, mix 1 e milho (figura 2). A redução na biomassa total observada em alguns tratamentos pode ser atribuída à senescência natural das plantas, ou até mesmo à competição.

Figura 02 e 03 - Biomassa seca de ervas daninhas, em função de diferentes coberturas e de microrganismos multifuncionais, avaliadas aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Elaborado pelos autores.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ao comparar a eficiência dos microrganismos isoladamente em relação ao ganho de biomassa (tabela 1). Assim, as diferenças estatísticas encontradas estão principalmente associadas ao tipo de cobertura utilizada e à interação entre cobertura e microrganismos, ou seja, o efeito de cada microrganismo varia conforme a cobertura em que é aplicado. De forma semelhante, o tipo de cobertura exerce uma influência significativa sobre a biomassa total. Embora não haja diferenças estatísticas entre os microrganismos isolados, observou-se um aumento na biomassa aos 60 dias, com os microrganismos da Embrapa apresentando o maior ganho. No entanto, como esses valores não são estatisticamente significativos, pode-se considerar que esses resultados tenham ocorrido por acaso.

Trabalhos de Strasser e Vanzetto (2025) afirmam que o trigo mourisco contribui para o aumento dos teores de palhada no solo, proporcionando maior proteção ao sistema de plantio. Esses resultados corroboram as observações feitas neste estudo. O trigo mourisco apresentou os maiores teores de matéria aos 60 dias, com um incremento de 237% na biomassa total. Isso indica que é uma excelente cultura para suprimir plantas daninhas, uma vez que seu rápido sombreamento impede o crescimento de plantas competidoras. Além disso, essa cultura contribui para a regulação da temperatura do solo, reduz a evaporação da água e melhora as condições biológicas do solo (Andreotti, 2024). A presença do trigo mourisco no mix 2 pode ser um dos fatores que explicam a superioridade no incremento de biomassa.

Apesar do baixo incremento de biomassa observado no mix 1, a presença de *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea* e nabo forrageiro é altamente benéfica para a química e biologia do solo. Segundo Hansen *et al.* (2023), o nabo forrageiro apresenta alta produção de biomassa aérea até o estágio de florescimento, tornando-se uma excelente opção de planta de cobertura para o cultivo de inverno. Durante seu desenvolvimento, há um expressivo acúmulo de nutrientes, tanto macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) quanto micronutrientes. Na forma de palhada, esse acúmulo

contribui significativamente para a recomposição dos nutrientes no solo, melhorando suas características químicas. Já as *crotalárias*, em algumas espécies, são resistentes a elementos potencialmente tóxicos e têm a capacidade de acumular metais, como o alumínio (Al) nas espécies *C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* (Santos *et al.*, 2024).

Outro fator importante é a presença de substâncias alelopáticas na palhada das plantas. O trigo mourisco, apesar de apresentar grande quantidade de biomassa, possui alelopatia apenas para plantas dicotiledôneas. A utilização de várias plantas de cobertura no mix é benéfica, pois oferece diferentes níveis de alelopatia, suprimindo tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas, o que é extremamente efetivo para a formação de palhada no solo. Dessa forma, embora essas plantas gerem menos cobertura, elas podem ser extremamente benéficas para os sistemas de cultivo. Isso justifica a utilização do trigo mourisco juntamente com essas plantas de cobertura, o que pode aumentar o incremento de biomassa, embora a competição entre diversas plantas possa ser um fator para a diminuição da biomassa nos mix 1 e mix 2.

Embora o milho apresente o maior incremento de biomassa, ele é o que possui a menor biomassa em termos absolutos. Isso é evidenciado pelo peso em kg/ha, que fica abaixo de 1000. Esses resultados diferem dos obtidos por Gerlach *et al.* (2025), que relataram uma matéria seca superior para a cultura do milho.

Os microrganismos são essenciais para a saúde do solo. Observa-se que, embora os microrganismos isoladamente não tenham promovido um aumento significativo na biomassa das plantas de cobertura, o microrganismo da Embrapa demonstrou melhor desempenho aos 60 dias. De acordo com Streletskii *et al.* (2024), o solo abriga uma enorme diversidade de microrganismos, entre os quais se destacam gêneros e espécies essenciais para a manutenção de sua fertilidade. Esses microrganismos benéficos desempenham um papel fundamental na saúde do solo. Ambientes com alta densidade e diversidade microbiana são considerados mais equilibrados e produtivos, pois a presença de microrganismos vivos ou seus metabólitos contribui significativamente para melhorar as condições do solo e sustentar o desenvolvimento das culturas agrícolas. Contudo, o equilíbrio microbiano necessário para tornar os microrganismos totalmente benéficos para as culturas cultivadas é alcançado com o tempo e depende das práticas de manejo do sistema de cultivo. Uma questão importante é o tempo necessário para que os microrganismos aplicados se ajustem e alcancem equilíbrio no solo.

Estudos realizados por Gao *et al.* (2025) mostram que *Serratia marcescens* alterou significativamente a estrutura micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, inibindo efetivamente seu crescimento, o que é relevante para o desenvolvimento da soja. *Bacillus sp.*, conforme estudos de Sharma *et al.* (2025), pode promover o crescimento das plantas, aumentar a fertilidade do solo e estabelecer práticas agrícolas sustentáveis essenciais para restaurar a saúde dos ecossistemas. *Trichoderma spp.*, como mostrado por Guzmán *et al.* (2025), favorece a absorção de nutrientes, aumenta a resistência a estresses abióticos e reduz a proliferação de patógenos. *Azospirillum brasiliense*, em pesquisas de Ikram *et al.* (2025), demonstrou resultados positivos, em que a aplicação combinada de *A. brasiliense* com cobertura morta melhorou parâmetros de crescimento das plantas, como altura da planta, comprimento da raiz, índice de área foliar e peso de grãos.

Esses estudos indicam que a interação entre plantas e microrganismos pode justificar os resultados observados, mostrando que a maior biomassa obtida pelos microrganismos da Embrapa pode estar relacionada ao *Azospirillum brasiliense*,

embora esse resultado possa não representar seu máximo potencial, sendo necessário observá-lo em culturas subsequentes. Novos ensaios são necessários para verificar essa hipótese, uma vez que não houve diferenças estatísticas significativas que comprovem essa afirmação.

De maneira geral, os microrganismos contribuem para melhorar a saúde do solo, potencializando as condições produtivas e justificando a interação entre cobertura e microrganismos. No entanto, o efeito isolado dos microrganismos não melhora diretamente o ganho de biomassa das plantas, estando seus efeitos mais associados à melhora da sanidade do solo. Quando aplicados, esses microrganismos aumentam a diversidade microbiana e atuam como decompositores de matéria orgânica, liberando nutrientes de forma mais eficaz, além de compostos de proteção, sinalizadores, potencializadores e promotores de crescimento. Essa ação favorece a saúde do solo, criando um ecossistema agrícola mais equilibrado e produtivo (Pugas *et al.*, 2013). Contudo, pode ser necessário mais tempo para que os microrganismos se estabilizem e proporcionem melhorias no solo, o que pode ocorrer em manejos subsequentes de cobertura.

Com o aumento no uso de inseticidas e fungicidas, a microbiota do solo tem sido prejudicada. A microbiota é essencial para devolver nutrientes e promover a ciclagem de matéria no solo. As bactérias, como indicam Stamford (2005), constituem o grupo mais numeroso e de maior importância, pois, além de promoverem doenças em plantas e animais, são responsáveis por várias transformações relacionadas à fertilidade do solo, como decomposição da matéria orgânica, mineralização e imobilização de nutrientes, fixação biológica do nitrogênio (N_2), nitrificação e desnitrificação, além de recuperação de solos salinos e formação de compostos gasosos (metano, gás carbônico, gás sulfídrico, entre outros).

Assim, a redução da microbiota compromete a disponibilidade de nutrientes e a saúde do solo, diminuindo a produtividade. Embora a recuperação da microbiota do solo com a aplicação de microrganismos seja possível, é importante lembrar que o solo é um meio vivo, onde antes da monocultura existiam diversos organismos em mutualismo e sinergismo. Para recompor a biota do solo, é necessário realizar manejos adequados, diversificando e rotacionando culturas e coberturas, com o objetivo de restaurar a antiga biota e recuperar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

De forma geral, os resultados deste trabalho demonstram que a escolha da cobertura influencia diretamente a quantidade de biomassa e a cobertura do solo, conforme observado na interação C x M da tabela 1 ($p < 0,05$). No entanto, a sanidade do solo, promovida pelos microrganismos, pode melhorar a qualidade da cobertura, favorecendo a ciclagem de nutrientes, a fertilidade, a relação C/N e as condições para a prosperidade de outros microrganismos. Isso contribui ainda para a redução da incidência de doenças no solo e nas plantas, mantendo o sistema agrícola em equilíbrio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram que a escolha das coberturas vegetais influencia diretamente a formação de biomassa e a dinâmica das ervas daninhas, além de interagir com a atividade dos microrganismos multifuncionais aplicados. O milheto e o mix 1 apresentaram as maiores biomassas de cobertura, evidenciando seu potencial em proteger o solo e contribuir para a ciclagem de nutrientes. O milheto

destacou-se por sua rápida taxa de crescimento e alta eficiência fotossintética, características que favorecem o acúmulo de matéria seca em curtos períodos, enquanto o mix 1 obteve bom desempenho devido à complementaridade entre gramíneas e leguminosas, favorecendo tanto a produção de palhada quanto o aporte biológico de nitrogênio.

Por outro lado, coberturas como o pousio, o trigo mourisco e o mix 2 apresentaram menores valores de biomassa de cobertura, o que resultou em maior incidência de ervas daninhas. Esses resultados reforçam a importância da utilização de espécies com crescimento vigoroso e ciclo mais longo, capazes de competir com plantas espontâneas e reduzir sua emergência, promovendo maior cobertura do solo e melhor conservação da umidade.

Em relação aos microrganismos, ainda que não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas no incremento direto da biomassa, verificou-se uma tendência de melhor desempenho dos microrganismos da Embrapa. Esse grupo, composto por espécies como *Serratia marcescens*, *Bacillus sp.*, *Trichoderma koningiopsis* e *Azospirillum brasilense*, mostrou efeito positivo sobre a sanidade do solo, podendo contribuir a longo prazo para o equilíbrio biológico e o aumento da eficiência na ciclagem de nutrientes. Esse comportamento reforça a importância da presença microbiana como componente essencial para a manutenção da fertilidade e da estabilidade do sistema produtivo.

Dessa forma, os resultados indicam que o uso integrado de coberturas vegetais diversificadas e microrganismos multifuncionais representa uma estratégia sustentável para melhorar a qualidade física, química e biológica do solo. O fortalecimento da biota edáfica, aliado ao manejo adequado das coberturas, favorece a supressão de plantas daninhas, aumenta o aporte de matéria orgânica e promove maior resiliência do agroecossistema. Recomenda-se a continuidade dos estudos a longo prazo, de modo a avaliar a persistência dos efeitos observados e a consolidação dos benefícios das interações entre plantas de cobertura e microrganismos benéficos para o equilíbrio e a produtividade dos sistemas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. de A.; GARCIA, J.; CHAVES, R. Q. Efeito de diversas espécies de cobertura morta sobre o controle de plantas daninhas da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 26, n. 2, p. 71–78, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2940>. Acesso em: 24 maio 2025.

ANDRADE, H. A. F. et al. Cover crops optimize soil fertility and soybean productivity in the Cerrado of MATOPIBA, Brazil. **Agronomy**, v. 15, n. 5, art. 1083, 2025.

ANDREOTTI, V. P. **Coberturas de solo e uso de microrganismos eficientes no plantio direto da alface crespa**. Monografia – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, 2024.

BAZAM, L. L. et al. Desenvolvimento da cultura do milheto em dosagens de nitrogênio. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2024.

BORGHI, E. et al. Espécies de plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e**

Sorgo, v. 13, n. 1, p. 61–72, 2014. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/277987147>. Acesso em: 24 maio 2025.

CARVALHO, A. M. et al. Cover crops affect soil mineral nitrogen and N fertilizer use efficiency of maize no-tillage system in the Brazilian Cerrado. **Land**, v. 13, n. 5, art. 693, 2024.

CRUZ, J. C. et al. **Plantio direto na pequena propriedade: cartilha de orientação técnica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921542/1/500perguntasmilho.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

DONG, F. et al. Effects of fall and winter cover crops on weed biomass and emergence: a global meta-analysis. **Sustainability**, v. 16, n. 8, art. 3192, 2024.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/335078531>. Acesso em: 24 maio 2025.

GAO, A. et al. *Serratia marcescens* G4 as a novel biocontrol strain against *Sclerotinia sclerotiorum* infection in soybean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2025.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; ETESAMI, H.; SANTOYO, G. *Trichoderma*: a multifunctional agent in plant health and microbiome interactions. **BMC Microbiology**, v. 25, n. 1, p. 434, 2025.

HANSEN, P. H. et al. Nabo forrageiro: potencialidades da espécie como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, 2023.

IKRAM, K. et al. Integrative effects of different mulching practices and *Azospirillum brasilense* on wheat growth, physiology, and soil health under drought stress. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 33435, 2025.

KARAM, D. et al. **Manejo de plantas daninhas na sustentabilidade agrícola**.

Embrapa, 2008. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490258>. Acesso em: 24 maio 2025.

LOPES, R. O. et al. Alelopatia como mecanismo de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49043>. Acesso em: 24 maio 2025.

NASCENTE, A. S. et al. Impacto do uso de culturas de cobertura e da adubação verde no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 499–505, 2015.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.

1323–1332, 2011.

PACHECO, L. P. et al. Manejo de plantas de cobertura e sua influência na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 296–304, 2013.

SANTOS, A. C. dos; OLIVEIRA, M. R.; SOUSA, F. T. Plantas de cobertura na agricultura sustentável: alternativas para o Cerrado brasileiro. **Revista Agroambiental**, v. 13, n. 3, p. 45–52, 2021.

SANTOS, F. A. dos et al. Desempenho agronômico do milheto (*Pennisetum glaucum*) em função de diferentes fontes de adubação mineral. **Revista Delos**, v. 16, n. 2, p. 1–10, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/3980/2365>.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; SPERA, S. T. **Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2021.

SHARMA, A. et al. Restoration of the soil fertility under Cr (VI) and artificial drought condition by the utilization of plant growth–promoting *Bacillus* spp. SSAU2. **International Microbiology**, v. 28, n. 1, p. 81–93, 2025.

SILVA, D. R. G. et al. Efeito alelopático de espécies utilizadas como cobertura sobre plantas daninhas em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, 2015.

SILVA, G. C. et al. Mechanisms of weed suppression by cereal rye cover crop. **Agronomy Journal**, 2023. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.21347>. Acesso em: 29 out. 2025.

SILVA, M. A. et al. Biomass, nutrient accumulation, and weed suppression by mix of cover crops. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 4, p. 757–764, 2023.

SILVA, M. A. da 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. 15, p. e200101523524, 2021.

SILVA, M. A. da et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparo. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 36–43, 2015.

SILVA, R. F. et al. Plantas de cobertura como alternativa agroecológica no controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 3, 2017.

SOUZA, R. J.; ALMEIDA, R. R. Uso de plantas de cobertura no manejo de espécies daninhas resistentes no Cerrado. **Cadernos de Agroecologia**, v. 16, n. 2, 2021.

SOUZA, V. S. Cover crop diversity for sustainable agriculture: insights from cover crops in the Cerrado ecosystem. **Sustainable Agriculture**, 2024.

STAMFORD, N. P. et al. Microbiota dos solos tropicais. In: **Ecologia e manejo de**

patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2005. p. 61–93.

STRASSER, A. L.; VANZETTO, G. V. Caracterização físico-química de consórcios de plantas de cobertura. **RAMVI – Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v. 12, n. 1, p. e347, 2025.

TEIXEIRA, C. M. et al. Desempenho de mixes de plantas de cobertura em diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 10, n. 3, 2020.

VELOSO, F. R.; ALMEIDA, D. S.; MENDES, C. J. Sistemas de cultivo com plantas de cobertura na produção de soja no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e46411427471, 2022.

VELOSO, M. E. da C. et al. A diversidade funcional de espécies de cobertura e sua contribuição para o manejo de plantas daninhas no Cerrado. **Planta Daninha**, v. 40, 2022.

6. AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossa sincera gratidão à Izabely Vitória Lucas Ferreira, especialista em Agropecuária pela UNIFESSA, mestre em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária pela UFRA e doutoranda em Agronomia, com ênfase em Produção Vegetal, pela orientação atenciosa e pelo suporte constante durante todas as etapas da pesquisa de campo. Sua dedicação, paciência e profundo conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho e para o aprimoramento de nossa formação acadêmica.

Estendemos também nossos agradecimentos à Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás (GO), pela disponibilização da infraestrutura e pelo apoio técnico necessários à execução do experimento e à consolidação desta pesquisa. A parceria e a colaboração da instituição foram fundamentais para o êxito desta etapa do estudo.