

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA

USO DE *Trichoderma asperellum* NA GERMINAÇÃO E PROMOÇÃO DE
CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

Clodoaldo De Césaró Júnior
Pedro Henrique De Andrade Gomes

ANÁPOLIS-GO
2024

**CLODOALDO DE CÉSARO JÚNIOR
PEDRO HENRIQUE DE ANDRADE GOMES**

**USO DE *Trichoderma asperellum* NA GERMINAÇÃO E PROMOÇÃO DE
CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Evangélica de Goiás -
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Microbiologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^a. Klênia Rodrigues
Pacheco Sá.

**ANÁPOLIS-GO
2024**

De César. Clodoado Júnior / Gomes. Pedro Henrique De Andrade / **USO DE *Trichoderma asperellum* NA GERMINAÇÃO E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)** / Clodoaldo De César Júnior; Pedro Henrique De Andrade. – Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2024.

22 pg.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Klênia Rodrigues Pacheco Sá

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2024.

1. Sojicultura. 2. Bioagentes 3. Microrganismo

I. Clodoaldo De César Júnior e Pedro Henrique De Andrade Gomes.

CDU 504

Permitida a reprodução total o parcial deste documento, desde que citada a fonte – Os Autores

CLODOALDO DE CÉSARO JÚNIOR
PEDRO HENRIQUE DE ANDRADE

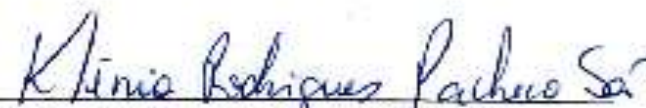
USO DE *Trichoderma asperellum* NA GERMINAÇÃO E PROMOÇÃO
DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.)
Merrill)

Monografia apresentada à Universidade
Evangélica de Goiás –
Unievangelica, para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

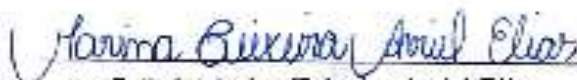
Área de concentração: Microbiologia

Aprovada em: 27 de novembro de 2024

Banca examinadora



Profª. Drª. Klênia Rodrigues Pacheco Sá
Unievangelica
Presidente



Profª. Drª. Marina Teixeira Arriel Elias
Unievangelica



Prof. Dr. João Daris Malaquias Júnior
Unievangelica

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar a nossa gratidão à todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradecemos à Deus e às nossas famílias pelo apoio, paciência e incentivo ao longo desta jornada acadêmica.

A nossa orientadora Prof^a. Dr^a. Klênia Rodrigues Pacheco Sá, pela orientação precisa, pelo apoio e por suas valiosas sugestões que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos também aos demais professores pela atenção dedicada, pelas discussões proveitosas em sala de aula e pelos valiosos *insights* que contribuíram significativamente para a qualidade deste trabalho.

Aos colegas de curso, pela troca de experiências, pelo apoio mútuo e pela amizade que tornaram esta jornada acadêmica ainda mais enriquecedora.

Por fim, agradecemos à UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA, pela disponibilização de recursos e pela infraestrutura que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Obrigado!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. CULTURA DA SOJA.....	8
2.2. PROMOTORES DE CRESCIMENTO.....	9
2.2.1. MPCPs.....	9
2.2.2. <i>Trichoderma asperellum</i>	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO.....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

RESUMO

Com a importância mundial da soja para a alimentação humana e animal, o plantio dessa cultura tem passado por inovações que buscam aumentar sua produtividade por hectare. Nesse contexto, a introdução de tecnologias, como práticas de manejo aprimoradas, melhoramento genético e produtos biológicos, incluindo o uso de fungos e bactérias benéficas, tem sido amplamente adotada. Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade germinativa e o desenvolvimento das raízes e da parte aérea da planta utilizando o bioagente *Trichoderma asperellum*. O experimento foi conduzido no laboratório da Universidade Evangélica de Goiás, utilizando copos de 500 mL em um delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos com cinco repetições. Cada repetição foi composta por cinco plantas, e os tratamentos aplicados nas sementes foram: T1 (testemunha); T2: *T. asperellum* (50 mL por 100 kg de sementes); T3: *T. asperellum* (100 mL por 100 kg de sementes); T4: *T. asperellum* (300 mL por 100 kg de sementes); e T5: *T. asperellum* (400 mL por 100 kg de sementes). Após 10 dias, as plantas foram desbastadas para manter quatro plantas por repetição, totalizando 20 plantas por tratamento. Aos 20 dias após a germinação, as plantas foram retiradas e mensuradas quanto ao comprimento da raiz, da parte aérea e total, além da determinação da matéria verde e da matéria seca. A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que os tratamentos com *T. asperellum*, em especial as doses mais altas (T4 e T5), proporcionaram incrementos significativos no comprimento das raízes e da parte aérea, além de aumentos na matéria verde e seca em comparação com a testemunha. Conclui-se que o *Trichoderma asperellum* é um bioagente eficaz para a promoção de crescimento na cultura da soja, contribuindo para o desenvolvimento radicular e da parte aérea e, assim, podendo ser uma ferramenta importante para o aumento da produtividade de forma sustentável.

Palavras-chave: Sojicultura, Bioagentes e Microrganismo.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura eudicotiledônea pertencente à família *Fabaceae*. Destacada por seu alto teor proteico, seus subprodutos incluem um óleo de 18 a 20% e um farelo com aproximadamente 45% de proteína (EMBRAPA, 2021), tornando-se uma fonte crucial para a alimentação humana e animal (SILVA et al., 2011). O Brasil figura entre os principais produtores e exportadores globais de soja, impulsionando significativamente o setor agropecuário e contribuindo para o crescimento econômico (MAGALHÃES et al., 2019).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a área cultivada com soja no Brasil aumentou de 10,7 para 43,5 milhões de hectares, um crescimento de 306%, e a produtividade elevou-se de 2.150 para 3.479 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023). Esse avanço deve-se ao intenso investimento em pesquisas e à adaptação da cultura ao clima tropical desde a década de 1970.

Entretanto, o crescimento da soja é frequentemente comprometido por patógenos do solo, impactando negativamente sua produtividade. Os métodos químicos de controle enfrentam limitações de eficácia e problemas ambientais, incluindo a resistência dos patógenos e resíduos indesejáveis. Nesse contexto, o controle biológico surge como uma alternativa sustentável para o manejo dessas doenças (MONTE et al., 2019).

Pesquisas recentes identificaram diversos agentes microbiológicos com potencial para a proteção da soja, incluindo fungos, bactérias e vírus. Fungos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são eficazes no controle de insetos, enquanto espécies de *Trichoderma* demonstram eficácia contra patógenos fúngicos e possuem propriedades nematicidas (MEYER et al., 2022).

O gênero *Trichoderma*, conhecido por sua habilidade de colonizar diversos ecossistemas, incluindo o solo e a rizosfera, destaca-se por sua competitividade no ambiente radicular. Esse fungo apresenta crescimento rápido, produzindo estruturas assexuais, como conídios, conidióforos e clamidósporos, que favorecem sua proliferação (MONTE et al., 2019).

Além de promover o crescimento das plantas, o *Trichoderma* estimula a produção de fitohormônios e aumenta a solubilidade de nutrientes na rizosfera, promovendo o desenvolvimento das raízes e resultando em maior matéria seca, altura e resistência a fatores bióticos. Estudos indicam que o *Trichoderma* reduz a severidade de doenças de solo, como podridões radiculares causadas por *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. e *Fusarium* spp., além de

mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), mofo-cinza (*Sclerotium rolfsii*) e requeima (*Phytophthora infestans*) (MACHADO et al., 2012).

A eficácia do *Trichoderma* como promotor de crescimento e agente de defesa é amplamente corroborada. Harman *et al.* (2004) investigaram o uso de diferentes cepas de *Trichoderma* na cultura da soja e constataram um aumento significativo na massa da parte aérea e das raízes, além de melhorias na absorção de nutrientes do solo. O *Trichoderma* não só melhora o desenvolvimento das plantas, mas também aumenta sua resistência a estresses bióticos e abióticos. Em outro estudo, Mastouri et al. (2010) testaram a eficácia do *Trichoderma harzianum* em soja e milho, observando maior altura, vigor e biomassa em relação às plantas controle, além de uma tolerância aumentada ao ataque de patógenos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade germinativa, o desenvolvimento da raiz e da parte aérea da soja com o uso do bioagente *Trichoderma asperellum*, visando validar seu potencial como promotor de crescimento e defesa na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta herbácea de ciclo anual, autógama, pertencente à família *Fabaceae*. Com um ciclo que varia de 75 a 200 dias, a cultura é caracterizada por raízes pivotantes, fundamentais para a simbiose com a bactéria *Bradyrhizobium*, responsável pela fixação biológica do nitrogênio, transformando o nitrogênio atmosférico em formas assimiláveis pela planta (GONZAGA et al., 2020). Classificada como planta de dias curtos, a soja depende do fotoperíodo para florescer, sendo subdividida em períodos vegetativo e reprodutivo, importantes para decisões relacionadas à nutrição, sanidade e manejo (TEJO et al., 2019).

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da soja situa-se entre 20°C e 30°C. Temperaturas inferiores podem afetar negativamente o crescimento e a retenção de vagens. A demanda hídrica média é de aproximadamente 625 mm durante o ciclo, variando com o clima, manejo e cultivar (SMIDERLE, 2019). A soja é atualmente a cultura anual mais cultivada no mundo, destacando-se no agronegócio brasileiro como um grão de relevância econômica para a alimentação humana e animal, sendo a oleaginosa com o maior crescimento nos últimos 60 anos (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

A introdução da soja no Brasil ocorreu em 1882, no estado da Bahia, pelo produtor Gustavo Dutra, porém com insucesso devido à falta de adaptação genética da semente. Em 1891, novos testes foram realizados em São Paulo, mas a cultura somente se consolidou em 1914 no Rio Grande do Sul, onde as condições edafoclimáticas eram mais adequadas à variedade trazida dos Estados Unidos (GAZZONI, 2018). Inicialmente restrita ao Sul, a soja se expandiu para o Cerrado nos anos 1980 com o desenvolvimento de variedades adaptadas e técnicas como correção de acidez do solo. A adoção de sementes transgênicas resistentes a herbicidas também contribuiu para o aumento da produtividade e eficiência do cultivo.

O uso de controle integrado de pragas e fungicidas foi introduzido na década de 1990, aprimorando a produtividade e segurança das lavouras. A comercialização da soja transgênica *Roundup Ready* (RR) foi autorizada em 2006/07, consolidando sua importância no mercado brasileiro (FREITAS, 2011). O cultivo expandiu-se para a região Centro-Oeste e, mais recentemente, para as regiões Norte e Nordeste, incluindo a região do "Matopiba" que envolve os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, considerada uma nova fronteira agrícola promissora (FREITAS, 2011).

O crescimento da produção global de soja é impulsionado pelo aumento populacional e pela demanda por proteína de baixo custo. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), espera-se que a produção global alcance 410,59 milhões de toneladas em 2023/24, com aumento significativo na Argentina. No Brasil, a produção deve atingir 163 milhões de toneladas, consolidando o país como líder mundial na produção e exportação de soja (CONAB, 2023).

Tecnologias como o plantio direto, rotação de culturas e melhoramento genético têm sido aplicadas para impulsionar a produção e a sustentabilidade da cultura. O uso de microrganismos como fungos e bactérias visa melhorar a saúde da rizosfera, fortalecendo a soja contra patógenos do solo. O fungo *Trichoderma*, em particular, é utilizado no manejo de doenças e no aprimoramento da saúde radicular devido às suas propriedades promotoras de crescimento e defesa contra patógenos (TREMACOLDI, 2006). Segundo Guzmán-Guzmán et al. (2019), as espécies de *Trichoderma* colonizam raízes e parte aérea das plantas, contribuindo para a saúde do solo em ecossistemas agrícolas e naturais.

Essas práticas e avanços tecnológicos reforçam a resiliência e a produtividade da soja, consolidando sua importância no agronegócio global.

2.2. PROMOTORES DE CRESCIMENTO

2.2.1. Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas

A crescente demanda por tecnologias sustentáveis tem impulsionado o estudo dos Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (MPCPs). É uma alternativa que visa reduzir a dependência de defensivos químicos e fertilizantes minerais, além de aumentar a produtividade, a rentabilidade do cultivo e reduzir os custos de produção (MACHADO et al., 2012). Esses microrganismos interagem com as plantas, formando microbiomas que colonizam diversos tecidos e compartimentos das raízes. Em sua maioria, estabelecem uma relação mutualística que proporciona à planta benefícios como defesa contra patógenos, síntese de fitormônios, Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e mobilização de fósforo (FERNANDES et al., 2024).

Bactérias como *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus* e *Paenibacillus* e fungos dos gêneros *Trichoderma*, *Glomus* e *Piriformospora* são exemplos de MPCP amplamente utilizados na agricultura moderna. A colonização dessas espécies na rizosfera

contribui para uma maior motilidade e resistência a estresses, reduzindo a incidência de pragas e doenças pelo controle biológico (FERNANDES et al., 2024). Segundo Chagas et al. (2017), o *Trichoderma* ssp. atua positivamente na germinação das sementes e no desenvolvimento das plantas, por meio da produção de substâncias promotoras de crescimento, como ácido indolacético (AIA) e pela solubilização de fósforo. Ele também age como um indutor de resistência e agente de controle de doenças.

Estudos mostraram que *Trichoderma* pode melhorar o desenvolvimento da parte aérea e a biomassa de plantas a partir do tratamento de sementes com uma concentração de até 30×10^9 conídios viáveis por kg de sementes. Esse fungo inibe a germinação de esporos de patógenos, prevenindo doenças e colonizando tecidos foliares, como observado na capacidade de inibição do crescimento de *Colletotrichum graminicola* em estudos *in vitro* (BENÍTEZ et al., 2004).

2.2.2. *Trichoderma asperellum*

O gênero *Trichoderma* inclui fungos ascomicetos de vida livre, que se reproduzem de forma assexuada e pertencem à família *Hypocreaceae*. Encontrados tanto no interior quanto na superfície das plantas, esses fungos oferecem proteção contra patógenos e estimulam o crescimento vegetal, melhorando a saúde do solo e das plantas (FRAGA, 2012). *Trichoderma asperellum*, em particular, é caracterizado por sua coloração esbranquiçada e textura aveludada e é altamente competitivo, dominando ecossistemas microbianos por meio de mecanismos de antagonismo, como a produção de enzimas hidrolíticas, metabólitos antifúngicos e compostos voláteis (SILVA et al., 2015).

Esse fungo é conhecido por seu rápido crescimento micelial em comparação com patógenos e por sua eficácia como agente de biocontrole devido a parasitismo, antibiose e competição. Além disso, promove o crescimento das plantas ao solubilizar macronutrientes na rizosfera, como fósforo (OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2011). *T. asperellum* também estimula o desenvolvimento radicular pela síntese de auxinas, como o ácido indolacético (AIA), aumentando a área radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, favorecendo um crescimento inicial vigoroso e a saúde vegetal (CABALLERO-MELLADO et al., 2006).

Este fungo produz uma variedade de compostos bioativos, incluindo enzimas líticas (quitinases, glucanases) e ácidos orgânicos que auxiliam na decomposição da matéria orgânica e na disponibilização de nutrientes para as plantas. Os ácidos orgânicos secretados solubilizam

fosfatos e outros nutrientes no solo, o que aumenta a disponibilidade de nutrientes essenciais. A colonização da rizosfera por *T. asperellum* cria uma competição por espaço e nutrientes, reduzindo a incidência de doenças e induzindo a resistência sistêmica das plantas contra patógenos (HARMAN et al., 2004).

O uso de *T. asperellum* promove o desenvolvimento de um sistema radicular mais robusto e extenso nas plantas hospedeiras, devido à produção de hormônios vegetais, como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes e resultando em plantas mais vigorosas (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

Estudos *in vitro* mostram que *T. asperellum* exerce controle biológico sobre diversos patógenos de plantas, como *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Pythium*, por meio de antibiose e parasitismo direto. Além dos benefícios diretos para as plantas, *T. asperellum* melhora a estrutura do solo, aumentando a aeração e a capacidade de retenção de água, o que favorece o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de nutrientes (LORITO et al., 2010).

Em experimentos, *T. asperellum* demonstrou alta eficácia na inibição de patógenos fúngicos, com uma inibição micelial de 53,24% contra *F. oxysporum* e uma inibição de 59,39% com o uso de filtrado celular a 30% (ELKKOMY et al., 2015). Ethur (2012) também relatou eficácia no controle de *Rhizoctonia solani* em mudas de pepino, com uma redução de 85% na doença e de 55% para fusariose. Outro estudo conduzido por Chagas et al. (2017) indicou um aumento de 60% no crescimento vegetal em culturas como soja, feijão-caupi, arroz e milho, com *T. asperellum*, avaliando parâmetros de massa seca da parte aérea, raiz e total.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ENSAIOS

O experimento foi realizado no laboratório da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA (16° 17' 33" S, 48° 93' 81" W). Utilizaram-se copos de 500 mL para a germinação das sementes, contendo uma mistura de solo e substrato na proporção de 1:1. O substrato foi composto de casca de pinus, pó de coco e carvão vegetal. A mistura foi adubada com N-P-K (4-25-15), seguindo a recomendação de 400 kg ha⁻¹.

O ensaio seguiu um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições, cada uma composta por quatro plantas (Tabela 1).

TABELA 1 – Diferentes dosagens nos tratamentos com *Trichoderma asperellum*, em sementes de soja, Anápolis-GO.

Tratamentos	
T1	Testemunha (água)
T2	<i>Trichoderma asperellum</i> (50 mL 100 kg ⁻¹)
T3	<i>Trichoderma asperellum</i> (100 mL 100 kg ⁻¹)
T4	<i>Trichoderma asperelum</i> (300 mL 100 kg ⁻¹)
T5	<i>Trichoderma asperellum</i> (400 mL 100 kg ⁻¹)

Inicialmente, as sementes foram inoculadas com *Trichoderma asperellum*, conforme a dosagem de cada tratamento. Em seguida, cinco sementes de soja foram semeadas em cada copo. O produto comercial utilizado foi o Florentina®, à base de *Trichoderma asperellum* cepa AGL01, com concentração de 2x10⁹ conídios ml⁻¹. Dez dias após a semeadura, realizou-se o desbaste das plantas, mantendo-se quatro plantas por repetição, totalizando 20 plantas por tratamento.



Figura 1: Ensaio com o uso *Trichoderma asperellum* na cultura da soja para a promoção de crescimento.

3.2. PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO E ACÚMULO DE BIOMASSA

Após 20 dias da germinação, as plantas de soja foram retiradas dos copos e lavadas em água corrente para expor toda a estrutura da planta. Em seguida, foi realizada a medição do comprimento da raiz (cm), da parte aérea (cm) e do comprimento total (cm), com uma régua milimétrica de 0 a 30 cm. As plantas foram então pesadas para obtenção da biomassa fresca (g).

As plantas foram secas em estufa a 70°C até atingirem peso constante (aproximadamente 48 horas) e posteriormente pesadas para determinação do acúmulo de massa seca.



Figura 2: Avaliação de plantas tratadas com *Trichoderma asperellum* na cultura da soja.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 5\%$), utilizando o programa estatístico Assistat, versão 7,7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados do comprimento foliar, radicular e total das plantas de soja tratadas com diferentes doses de *Trichoderma asperellum*. Observa-se que o tratamento T1 (controle) apresentou os menores valores de comprimento da parte aérea (14,5 cm) e radicular (13,4 cm), diferindo estatisticamente dos tratamentos T3, T4 e T5, que foi observado um incremento superior a 32% em relação a testemunha.

Já em relação ao comprimento das raízes, todos os tratamentos com *Trichoderma asperellum* diferiram estatisticamente em relação a testemunha. Observou-se um incremento de aumento do sistema radicular entre 31% a 44%.

Tabela 2 - Comprimento Parte aérea, radicular e comprimento total de plantas de soja tratadas com *Trichoderma asperellum*.

Tratamento	Parte aérea (cm)	Raízes (cm)	Total (cm)
T1	14,5 b ¹	13,4 b	27,9
T2	17,2 ab	18,8 a	36,0
T3	19,2 a	19,4 a	38,6
T4	19,6 a	18,6 a	38,2
T5	18,9 a	17,6 a	36,5
C.V (%) ²	39,2	42,23	

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo Tukey a 5% de probabilidade. ² C.V. Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos indicam que a inoculação de *Trichoderma asperellum* promoveu um aumento no crescimento foliar e radicular das plantas de soja, corroborando estudos prévios sobre o efeito benéfico deste fungo no desenvolvimento vegetal. Segundo Chagas et al. (2017), *Trichoderma* pode aumentar a biomassa de plantas através da produção de substâncias promotoras de crescimento, como ácido indol-acético (AIA) e da solubilização de nutrientes essenciais como o fósforo. Esse incremento no desenvolvimento radicular e foliar permite que as plantas tenham maior capacidade de absorção de água e nutrientes, contribuindo para o crescimento total.

Em estudos de Benítez et al. (2004), foi demonstrado que *Trichoderma* pode atuar como indutor de resistência contra patógenos, além de promover o crescimento vegetal. No presente estudo, os tratamentos com *Trichoderma asperellum* também mostraram uma diferença significativa em relação ao controle, especialmente nos tratamentos T3 e T4, sugerindo uma relação dose-resposta onde doses adequadas promovem maior eficácia.

Além disso, Silva et al. (2015) relataram que *Trichoderma* utiliza mecanismos de antibiose e produção de enzimas hidrolíticas para competir com patógenos no ambiente radicular. Esses mecanismos não apenas beneficiam a planta ao reduzir a presença de patógenos, mas também promovem um ambiente mais saudável para o desenvolvimento radicular. Tais efeitos podem explicar o aumento observado nos comprimentos radicular e total das plantas nos tratamentos com *Trichoderma*.

O *Trichoderma* é um fungo benéfico amplamente reconhecido por promover o crescimento vegetal e o desenvolvimento das culturas por meio de diversos mecanismos. Esse fungo melhora a absorção de nutrientes do solo, como nitrogênio, fósforo e potássio, induzindo a formação de estruturas especializadas nas raízes que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Além disso, o *Trichoderma* induz resistência nas plantas contra patógenos e estresses ambientais, o que contribui para o aumento da resiliência das culturas (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

Os mecanismos de ação do *Trichoderma* tornam-no um aliado valioso para a melhoria da saúde e produtividade das plantas, sendo um recurso estratégico em práticas agrícolas sustentáveis. Sua aplicação contribui não apenas para o desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo colheitas mais produtivas, mas também para o fortalecimento das plantas em condições adversas, destacando seu potencial como um recurso essencial na agricultura moderna (HARMAN et al., 2004).

Tabela 3 – Médias da matéria verde e matéria seca de plantas de soja tratadas com *Trichoderma asperellum*.

Tratamentos	Matéria Verde	Matéria Seca
T1	2,12 b ¹	0,324 b
T2	4,26 a	0,484 ab
T3	2,82 b	0,428 ab
T4	4,30 a	0,780 a
T5	4,30 a	0,686 a

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a matéria verde e matéria seca de plantas de soja tratadas com diferentes doses de *Trichoderma asperellum*. Observa-se que os tratamentos T2, T4 e T5 diferiram estatisticamente da testemunha. Para a matéria seca, os tratamentos T4 e T5 diferiram estatisticamente da testemunha seguidos dos tratamentos T2 e T3. Foi observado nos

tratamentos T4 e T5 um acúmulo de matéria verde e seca superior a 100% quando comparado a testemunha.

Os resultados indicam que a aplicação de *Trichoderma asperellum* aumentou tanto a matéria verde quanto a matéria seca das plantas de soja, o que é consistente com estudos que mostram o potencial desse fungo como bioestimulante. Segundo Harman et al. (2004), *Trichoderma* pode promover o crescimento vegetal ao produzir fitohormônios como auxinas e giberelinas, que estimulam a divisão celular e o alongamento das células, resultando em maior produção de biomassa.

Além disso, estudos realizados por Hoyos-Carvajal et al. (2009) mostraram que *Trichoderma* pode melhorar a absorção de nutrientes pelas raízes, aumentando a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. Esse efeito pode explicar o aumento observado na matéria verde e seca das plantas de soja nos tratamentos com *Trichoderma*.

Outro aspecto importante é o efeito de *Trichoderma* no aumento da resistência das plantas ao estresse abiótico. Lopez-Bucio et al. (2015) relataram que plantas tratadas com *Trichoderma* têm maior resistência ao estresse hídrico e salino, o que permite que a planta direcione mais energia para o crescimento e produção de biomassa. No presente estudo, o aumento na matéria seca, especialmente nos tratamentos T4 e T5, sugere que o *Trichoderma asperellum* pode ter fornecido às plantas melhores condições para alocação de recursos e síntese de biomassa, resultando em maior acúmulo de matéria seca.

Estudos realizados por Chagas et al. (2017) revelaram diferenças significativas em parâmetros como altura das plantas, Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca das Raízes (MSR) e Massa Seca Total (MST) em plantas de soja tratadas com inoculação de *Trichoderma* (TrichoPlus), com resultados superiores ($p \leq 0,05$) em comparação ao controle. O tratamento com doses de TrichoPlus JCO proporcionou um aumento de biomassa vegetal superior a 19% e uma elevação de produtividade estimada em 8,1%.

Esses efeitos são atribuídos à ação multifuncional do *Trichoderma*, que além de estimular o crescimento vegetal, também atua no controle de fitopatógenos por meio de mecanismos como parasitismo, antibiose, competição e indução de resistência. O *Trichoderma* é conhecido pela produção de hormônios de crescimento, solubilização de fosfato e liberação de sideróforos e metabólitos secundários, como demonstrado por estudos de Chagas et al. (2017), Chagas Junior et al. (2015), Contreras-Cornejo et al. (2009) e Bononi et al. (2020).

Singh et al. (2016) realizaram um experimento em que sementes de diversas hortaliças foram tratadas com diferentes concentrações de esporos de *T. asperellum*. Os resultados mostraram aumentos significativos na massa fresca das plantas, com incrementos de 29,69% no tomate, 67,06% na berinjela, 88,18% na pimenta e 67,83% no quiabo. Barros (2019) também observou um incremento de até 100% na massa fresca de plantas de tomate tratadas em comparação aos tratamentos sem aplicação do fungo. Esses estudos corroboram o potencial do *Trichoderma asperellum* como promotor de crescimento e melhorador da produtividade agrícola, reforçando sua importância no manejo sustentável de culturas.

5. CONCLUSÃO

O estudo concluiu que o *Trichoderma asperellum* possui potencial como agente promotor de crescimento em plantas de soja, aumentando o tamanho da raiz, a altura da planta e o comprimento total, contribuindo para uma cultura mais vigorosa e resistente a estresses, favorecendo práticas agrícolas mais sustentáveis e com menor dependência de insumos químicos.

Além disso, *Trichoderma asperellum* é eficaz no aumento tanto da matéria verde quanto da matéria seca e, conseqüentemente, no vigor e na produtividade potencial das plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, J. L. A. P. P. **Efeito de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Rhizoctonia solani* e na promoção de crescimento de tomateiro.** Programa de pós graduação em sanidade, segurança alimentar e ambiental no agronegócio. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2019.
- BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C. & CODON, A. C.- Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, vol. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.
- BONONI, L.; CHIARAMONTE, J. B.; PANSA, C. C.; MOITINHO, M. A.; MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 28-58, 2020.
- CABALLERO-MELLADO, J. Microbiología agrícola y interacciones microbianas con plantas. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, México, v. 48, n. 2, p. 154-161, 2006.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; SANTOS, G. R.; REIS, H. B.; CHAGAS, L. F. B.; MILLER, L. O. Combined inoculation of rhizobia and *Trichoderma* spp. on cowpea in the savanna, Gurupi-TO, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 27-33, 2015.
- CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; CHAGAS JUNIOR, A. F. O *Bacillus subtilis* *Trichoderma* spp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2017.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: segundo levantamento.** Brasília, DF, 10(2), 2023. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06/05/2024.
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 149, n. 3, p. 15793-1592, 2009.
- EL KOMY, M. H.; SALEH, A. A.; ERANTHODI, A.; MOLAN, Y. Y. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium* wilt. **Plant Pathologist Journal**, v. 31, n. 1, p. 50-60, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas.** São Paulo, 2021.

ETHUR, L. Z.; LUPATINI, M.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; LORENTZ, L. H. *Trichoderma asperellum* na produção de mudas contra a fusariose do Pepineiro. **Scientia Agraria Paranaensis** Volume 11, número 4, p.73-84, 2012

FERNANDES, J. P. T.; MORAES, A.; BIER, V. A.; SILVA, D. C. Microrganismos promotores de crescimento de plantas -*Trichoderma azospirillum*: otimizando a cultura do milho em sistemas integrados de produção agropecuária. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais, v.17, n.2, p. 01-21, 2024.

FRAGA, M. E.; BRAZ, D. M.; ROCHA, J. F.; PEREIRA, M. G.; FIGUEIREDO, D. V. Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica. **Acta Botânica Brasilica** 26(4): 857-865. 2012.

FREITAS, M. C. M. **A Cultura Da Soja No Brasil: O Crescimento Da Produção Brasileira E O Surgimento De Uma Nova Fronteira Agrícola**. 2011. 12f Dissertação (Pós-graduando em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v.70, n.3, São Paulo Julho/Setembro, 2018.

GAZZONI, DL; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 aC a 2050 dC**. Brasília: Disponível em: <http://www.al.cnpt.em.br/Alice/lidar/doc//109316>, 2018.

GONZAGA, T. O. D.; SILVA FILHO, A. S.; SILVA, V. L. Interação *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em cultivares de soja (*glycine max* (L.) Merrill) e seus efeitos na produtividade. **Scientific Electronic Archives** v. 13, n. 1, 2020.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PORRAS-TRONCOSO, M. D., OLMEDO-MONFIL, V.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. **Phytopathology**, v. 109, n. 1, p. 6-16, 2019.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological control**, v. 51, n. 3, p. 409-416, 2009.

LÓPEZ-BUCIO, J.; PELAGIO-FLORES, R.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. **Scientia horticulturae**, v. 196, p. 109-123, 2015.

LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. Translational research on *Trichoderma*: from ‘omics to the field. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 395-417, 2010.

- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 6-10, 2012.
- MAGALHÃES, L. C. G.; TOMICH, F.A.; SILVEIRA, F.G. Competitividade e políticas públicas para o agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 26, n. 4, p. 196-217, 2019.
- MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. **Phytopathology**, v. 100, n. 11, p. 1213-1221, 2010.
- MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. Controle de qualidade de produtos microbiológicos. Termo in: Embrapa. **Bioinsumos na cultura da soja**. 1ª Edição. Embrapa, 2022. p. 508-515.
- MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. Termo in: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M., SILVA J. C. **Trichoderma uso na agricultura**. Embrapa, p. 182-194, 2019.
- OLIVEIRA, B. F. D.; SILVA, S. D. V. M.; SANTOS, M. V. O. D. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. a patógenos do cacauzeiro. **Agrotrópica**, v. 25, n. 2, p. 117-120, 2012.
- SILVA, A. C.; LIMA, É, P. C.; BATISTA, H. R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. p. 7, 2011.
- SILVA, G. B. P.; HECKLER, L. I.; SANTOS, R. F.; DURIGON, M. R.; BLUME, E. Identificação e utilização de *Trichoderma* spp. armazenados e nativos no biocontrole de *Sclerotinia Sclerotiorum*. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 33-42, 2015.
- SINGH, V.; UPADHYAY, R. S.; SARMA, B. K.; SINGH, H. B. *Trichoderma asperellum* spore dose depended modulation of plant growth in vegetable crops. **Microbiological Research**, v. 193, p. 74-86, 2016.
- SMIDERLE, O. J. **Cultivo da Soja no Cerrado de Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2019.
- TEJO, D. P. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAET**. XIX – Volume 35 – Número 1 – Junho 2019
- TREMACOLDI, C. R. Alterações na rizosfera e seus efeitos nas interações hospedeiro-patógeno. **Summa Phytopathol**, v. 32, p. 108-171, 2006.