

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LEANDRO RODRIGUES VIEIRA

**EFEITO DE DOSES DE *Trichoderma Asperellum* NA VELOCIDADE DE
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO (*Zea
Mays L.*)**

Monte Carmelo
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
LEANDRO RODRIGUES VIEIRA

EFEITO DE DOSES DE *Trichoderma Asperellum* NA VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO (*Zea Mays* L.)

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Adriane de Andrade Silva

Monte Carmelo
2025

LEANDRO RODRIGUES VIEIRA

EFEITO DE DOSES DE *Trichoderma Asperellum* NA VELOCIDADE DE
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO
(*Zea Mays L.*)

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 26 de agosto de 2025

Banca Examinadora

Adriane de Andrade Silva
Orientadora

Andressa Giovannini Costa
Membro da Banca

Gustavo Moreira Ribeiro
Membro da Banca

Monte Carmelo
2025

RESUMO

A busca por estratégias sustentáveis que conciliem alta produtividade e redução de impactos ambientais na cultura do milho (*Zea mays* L.) impulsionou o uso de bioinsumos à base de *Trichoderma asperellum*. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses deste bioinoculante na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho (cv. Lavrador AGS). O experimento foi conduzido em Vazante-MG (março/2025), em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (T1: controle (sem aplicação); T2: dose recomendada; T3: 2× a dose recomendada; T4: 3×a dose recomendada) e quatro repetições. Sementes foram semeadas em bandejas de 128 células contendo substrato de Latossolo Vermelho e areia, com aplicação do bioinsumo via pulverização na semeadura. A irrigação foi realizada duas vezes ao dia. Avaliou-se a germinação diária (emergência do coleóptilo $\geq$ 2 mm) por 7 dias e o comprimento da parte aérea ao final do período. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey ($P>0,05$). A germinação ocorreu entre o quarto e o sétimo dia. Sendo que em dois tratamentos a germinação superou 90% (com a aplicação da dose recomendada e 3 vezes a dose recomendada). O uso do produto superou os valores de germinação observados no tratamento controle. A aplicação de *Trichoderma asperellum* em diferentes doses, permitiu uma melhor germinação do milho quando na dose recomendada e três vezes a dose recomendada. E a maior velocidade de germinação ocorreu no tratamento com três vezes a dose recomendada. Não houve efeito deletério com o uso das diferentes dosagens testadas no processo de germinação. Na avaliação do comprimento da parte aérea (CPA) aos 14 dias após a semeadura, os resultados indicaram que as doses mais elevadas (T3 e T4) proporcionaram maior crescimento vegetativo, com destaque para T3, que apresentou os maiores valores médios de comprimento da parte aérea (15,00 cm), das menores plântulas (5,00 cm) e das maiores plântulas (22,88 cm). Já os tratamentos T1 e T2 apresentaram os menores desempenhos, sem diferenças estatísticas entre si. Os dados sugerem que a aplicação de doses superiores à recomendada pode favorecer o arranque inicial do milho, refletindo em plantas com maior potencial de crescimento.

Palavras-chave: Bioinseticida; Insumo orgânico certificado; tecnologia Wg.

Índice de Figuras

Figura 1: A e B): Bandejas preenchidas com substrato e sementes. C) Plântulas após estabilização da germinação. **Erro! Indicador não definido.**

Índice de tabelas

Tabela 1: Quantidade de sementes germinadas por tratamento.....	11
Tabela 2: Porcentagem de germinação observada com aplicação de diferentes doses de Trichoderma no substrato de plantio.	12
Tabela 3: Comprimento médio da parte aérea (cm) de plântulas de milho sob diferentes doses de Trichoderma asperellum.....	13

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Objetivos	2
3.	Revisão de Literatura	3
3.1	Cultivo do Milho.....	4
3.2	Produtividade do milho.....	5
4.	Materiais e Métodos.....	8
5.	Resultados e Discussão	11
6.	Conclusões	15
7.	Referências Bibliográficas	15

1. Introdução

A agricultura brasileira tem se consolidado como uma das mais relevantes em escala global, impulsionada por fatores como a grande extensão territorial, a diversidade de condições edafoclimáticas e o elevado potencial produtivo de grãos. Dentre as principais culturas, o milho (*Zea mays* L.) ocupa posição de destaque por sua ampla aplicação na alimentação humana e animal, além do uso na produção de silagem — uma técnica de conservação forrageira por fermentação anaeróbica, fundamental para o período de estiagem (PINTO et al., 2010; SILVA et al., 2017). Dessa forma, torna-se essencial considerar tanto a produtividade de grãos quanto a produção de matéria seca na avaliação da eficiência da cultura.

Diante do atual cenário econômico nacional, no qual a agricultura representa um dos principais pilares de sustentação, cresce a demanda por estratégias que conciliem o aumento da produtividade com práticas sustentáveis. Esforços têm sido direcionados à melhoria do desempenho agrônomo de culturas como soja e milho, ao mesmo tempo em que se busca garantir a segurança alimentar e a redução do impacto ambiental (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014).

Entre as tecnologias emergentes, destaca-se o uso de microrganismos benéficos, como os do gênero *Trichoderma*, que vêm sendo aplicados como bioinoculantes capazes de promover o crescimento vegetal, aumentar a eficiência no uso de nutrientes e atuar no controle biológico de patógenos. Essas soluções biológicas representam ferramentas promissoras para a construção de sistemas agrícolas mais resilientes e ambientalmente responsáveis (MACHADO et al., 2012). De fato, ganham destaque as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de bioinsumos, produtos que oferecem múltiplas contribuições para a construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis atendendo as exigências tecnológicas, torna-se essencial investir em alternativas capazes de substituir agroquímicos e adubos de forma eficiente e ambientalmente responsável (CHAGAS et al., 2017).

O gênero *Trichoderma* está entre os fungos filamentosos mais estudados no Brasil, devido à sua ampla distribuição geográfica e ocorrência natural em diversos tipos de solos. Esse microrganismo destaca-se por sua elevada plasticidade funcional, sendo capaz

de exercer diferentes mecanismos de ação biológica, como o micoparasitismo, a antibiose e a competição por espaço e nutrientes. Além disso, *Trichoderma spp.* apresenta capacidade de produzir fitormônios, como o ácido indolacético (AIA), e de solubilizar fosfatos insolúveis, contribuindo significativamente para o crescimento vegetal e para a indução de resistência sistêmica contra fitopatógenos (OLIVEIRA & CHAGAS, 2012; RIBAS & RECH, 2016). Essas características têm favorecido sua aplicação como agente promotor de crescimento em diversas culturas agrícolas, como soja, feijão-caupi, milho e arroz (CHAGAS et al., 2017)

Atualmente, bioinsumos formulados à base de *Trichoderma spp.* já são comercializados em diversos países, sendo utilizados como ferramentas sustentáveis no manejo agrícola (BETTIOL et al., 2012). No entanto, no contexto brasileiro, sua adoção ainda é limitada. Entre os principais entraves estão a escassez de formulações comerciais devidamente registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a carência na identificação e caracterização de novos isolados com potencial de biocontrole, e a limitada divulgação científica e técnica sobre os benefícios agrônômicos e ambientais decorrentes de seu uso (MACHADO et al., 2012). Porém, encontram-se disponíveis formulações à base de *Trichoderma spp.*, inclusive com registro para uso na agricultura orgânica, como o Quality wg, produzido pela Lallemand, uma empresa multinacional. Dessa forma, esse trabalho busca entender como a aplicação de bioinsumo *Trichoderma asperellum* ministrado em diferentes doses atua na velocidade de germinação e crescimento de plântulas de milho.

2. Objetivos

Avaliar os efeitos da aplicação do bioinsumo *Trichoderma asperellum* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de sementes de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em bandejas de plástico, com ênfase na promoção na velocidade de germinação, crescimento vegetal, e potencial de uso sustentável na agricultura.

3. Revisão de Literatura

O gênero *Trichoderma* é amplamente reconhecido por sua versatilidade funcional, apresentando diversas capacidades entre suas diferentes linhagens, o que o caracteriza como um grupo de fungos filamentosos com múltiplas funções ecológicas. É um gênero de fungo da família *Hypocreaceae*, esses microrganismos são frequentemente isolados de uma ampla gama de habitats, incluindo solos agrícolas, florestas tropicais e substratos em decomposição. As linhagens de *Trichoderma* são usualmente identificadas por traços morfológicos distintivos, como a presença de conídios com coloração verde intensa, crescimento micelial acelerado e padrão de ramificação repetitiva do micélio (Nur A. Zin, Noor A. Badaluddin, 2020).

O sucesso ecológico das espécies do gênero *Trichoderma* nos ecossistemas edáficos está relacionado à sua habilidade em atuar como decompositores eficientes da matéria orgânica, além de promoverem o desenvolvimento vegetal. Tal eficiência decorre de sua elevada capacidade de assimilação de nutrientes, modulação da microbiota e da composição química da rizosfera, bem como da indução de alterações fisiológicas nas plantas hospedeiras. Adicionalmente, *Trichoderma* spp. demonstram notável tolerância a condições ambientais adversas e destacam-se por seu potencial antagonista, exercendo forte atividade micoparasítica e antibiótica contra diversos fitopatógenos (Benítez et al., 2004; Harman, 2006).

O *Trichoderma* tem capacidade de promover o crescimento da parte aérea das plantas, bem como por estimular o desenvolvimento radicular por meio da produção de fitormônios, como auxinas, e metabólitos secundários, como o 6-pentil- α -pirona (6-PP), que favorecem a formação de raízes mais profundas e vigorosas (VINALE et al., 2008; CONTRERAS-CORNEJO et al., 2014). Além disso, *Trichoderma* atua na melhoria da absorção de nutrientes, promovendo a solubilização de elementos minerais e intensificando a interação hidrofóbica entre raízes e solo. Essa ação resulta no aumento do número e do comprimento dos pelos radiculares, ampliando significativamente a área de absorção (SAMOLSKI et al., 2012).

Na agricultura, o uso de *Trichoderma* é valorizado pela sua capacidade de solubilizar fosfatos presentes no solo, transformando formas insolúveis de fósforo em formas assimiláveis pelas plantas, o que contribui para a eficiência nutricional e o desenvolvimento vegetal (MACHADO et al., 2012; PACHECO et al., 2016).

3.1 Cultivo do Milho

O milho (*Zea mays L.*), derivado do ancestral teosinto, é uma espécie pertencente a família Gramineae (Poaceae). Sua origem ocorreu nas Américas, podendo ser no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos, caracterizado como uma das culturas mais antigas do mundo (DUARTE e GARCIA, 2021). A cultura possui grande importância econômica pois, apresenta diversas formas de ser utilizada desde a alimentação animal até a alimentação humana, com uma grande variedade de produtos derivados do cereal. Estados Unidos, China e Brasil, são os principais países produtores, somados representam em torno de 73,3% da produção mundial. O cultivo do milho se encontra na segunda posição, no Brasil, para a safra de 2023/2023 a estimativa de produção é de 130 milhões de toneladas (11º Levantamento da Safra de Grãos da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento)).

O milho é uma planta de fisiologia C₄, monocotiledônea, pertencente ao grupo Maydeae é uma espécie monoica que consegue realizar fecundação cruzada, sendo alógamas e diploides – 2n (FANCELLI, 2007). De acordo com sua morfologia, a planta de milho, é constituída por uma haste cilíndrica ereta, variando de 1 a 4 metros de altura, formada por nós e entrenós. A planta apresenta inflorescências femininas (espiga) e masculinas (pendão), portanto um sistema radicular fasciculado. As raízes verdadeiras originam-se da “coroa”, localizadas dos nós, abaixo da superfície do solo. Os perfilhos e os esporões (raízes aéreas) tem gênese da base dos nós que se encontram acima do solo. Após a germinação (10 a 15 dias) a planta apresenta duas raízes laterais nodais, cuja função é a absorção de água e oxigênio. O sistema radicular verdadeiro apresenta

desenvolvimento de 2 a 2,5 centímetros da superfície do solo, surgindo a emissão da primeira folha verdadeira da planta (FANCELLI, 2007).

3.2 Produtividade do milho

Na produtividade deve-se levar sempre em consideração as variáveis que são indiscutíveis para se ter um bom rendimento e produção. Segundo Loomis e Amthor (1999) o desempenho fotossintético das plantas é uma das variáveis que consegue transformar a energia solar em energia química, sendo essa a principal e essencial energia para a produção vegetal. Deve-se abordar os elementos essenciais do processo como, interceptação da radiação fotossinteticamente ativa que varia entre 400 a 700 nm, restrição de CO₂ e outros substratos na utilização da energia gerada (fotossíntese), presença de assimilados que vão ser incrementada em estruturas novas da planta (crescimento e biossíntese).

A primeira variável a ser definida na produtividade que envolve o número de plantas por m², que está diretamente ligado a produtividade de grãos (SANGOI et al., 2010). O ambiente de produção vai depender da densidade de plantas que vão ser estabelecidas na área, aquela que não traz prejuízos a produtividade pela competição intraespecífica, quando se tem o excesso de plantas na área. De acordo com Serpa et al. (2012) quando se tem o aumento da densidade de plantas em uma área consequentemente vai se obter a ocorrência de esterelidade feminina o que vai reduzir de forma direta o potencial produtivo da cultura. A genética de cada cultivar vai determinar o número de fileiras por espiga que está diretamente ligado ao genótipo e não tem relação com o ambiente (NIELSEN, 2019). 14 fileiras quando determinadas, indicará que você terá altas produtividades.

No estágio vegetativo (V12) começa a se definir o número de óvulos (grãos em potencial) e consequentemente o tamanho das espigas, mesmo que o número de fileiras/espiga já esteja pré-determinados em (V5) (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993). O número de grãos que vão se obter a cada espiga será dependente do número de fileiras por espiga e do número de grãos por fileira, esses serão determinados entre o

estágio (V8 a V10). (MONTEIRO, 2009) destaca que a quantidade de grãos por espiga tem grande relação com fatores de manejo e interações com o ambiente, essa quantidade de grãos que vai ser obtidas na espiga pode haver variações muito acentuadas.

Por final a última variável a se destacar na produtividade é a relação caracterizada como enchimento de grão é uma fase que se deve ter total atenção para a planta não sofrer estresses pelo déficit hídrico, e a baixa incidência da radiação solar, esses processos estão diretamente ligados ao reposicionamento da matéria seca que foi acumulada durante a fase vegetativa para grãos da planta (ANDRADE et al., 1999).

O milho (*Zea mays L.*) é uma cultura vital para a segurança alimentar e agroindustrial brasileira, porém enfrenta desafios no estabelecimento inicial devido a estresses bióticos e abióticos, que comprometem seu crescimento vegetativo. Nesse contexto, a utilização de agentes biocontroladores, como *Trichoderma asperellum*, surge como estratégia sustentável para promover o desenvolvimento das plantas, reduzindo a dependência de insumos químicos (Silva, 2025). Este fungo, amplamente estudado no Brasil, demonstra dupla ação: antagonismo a patógenos e estímulo ao crescimento radicular e biométrico (Oliveira; Pereira; Santos, 2023). Podendo ser classificado como bioinseticida e bioestimulante.

O problema central reside na carência de estudos que liguem a aplicação de *T. asperellum* especificamente à fase vegetativa inicial do milho, etapa crítica para definição do potencial produtivo. Embora pesquisas recentes comprovem sua eficácia em outras culturas, como soja e espécies florestais (Oliveira; Pereira; Santos, 2023), lacunas persistem quanto aos mecanismos fisiológicos desencadeados no milho e à otimização de protocolos de aplicação. A hipótese deste trabalho é que a inoculação de *T. asperellum* via sementes ou substrato potencializa alongamento radicular, taxa fotossintética e acúmulo de biomassa em plântulas de milho, devido à produção de fitormônios e solubilização de nutrientes.

Adicionalmente, estudos confirmaram a capacidade de espécies brasileiras de *Trichoderma* no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e outros patógenos (Silva, 2025), reforçando seu papel na proteção de cultivos. Esses avanços alinham-se às demandas por agricultura de baixo carbono, conforme políticas públicas nacionais, e reduzem perdas

pós-colheita, que atingem até 40% em grãos (Souza, 2025). Sendo o produto utilizado com certificação para uso inclusive na agricultura orgânica. O milho (*Zea mays L.*) é um cereal essencial para a segurança alimentar global, sendo amplamente utilizado na alimentação humana e animal (Steffen et al., 2021). No entanto, a produtividade dessa cultura enfrenta desafios como estresses bióticos e abióticos, que comprometem seu desenvolvimento inicial. Nesse contexto, o uso de microrganismos promotores de crescimento, como *Trichoderma asperellum*, surge como uma estratégia sustentável para otimizar o estabelecimento das plântulas e reduzir a dependência de insumos químicos (Gabre et al., 2020).

Trichoderma spp. destacam-se por sua capacidade de estimular o crescimento vegetal por meio de mecanismos como solubilização de nutrientes, produção de fitormônios e indução de resistência sistêmica (Rabuske et al., 2023). Estudos recentes demonstram que *T. asperellum* incrementa a biomassa radicular e aérea em culturas como feijão e noqueira-pecã, além de mitigar patógenos como *Lasiodiplodia theobromae* (Gabre et al., 2020; Rabuske et al., 2023). Em milho, Steffen et al. (2021) observaram que a inoculação com *Trichoderma harzianum* aumentou a produtividade em 40,56 sacos/ha, reforçando o potencial do gênero.

Apesar dos benefícios documentados, a eficiência de *T. asperellum* varia conforme a dose aplicada, e ainda há lacunas sobre sua otimização para o crescimento inicial do milho (Gabre et al., 2020). Doses inadequadas podem limitar a promoção de crescimento ou até inibir o desenvolvimento das plântulas, evidenciando a necessidade de ajustes precisos (Rabuske et al., 2023). Além disso, a maioria dos estudos foca em estágios avançados do ciclo da cultura, negligenciando a fase crítica de estabelecimento inicial. Evidencia-se a sua potencialidade como bioinseticida, visto que a atividade dos metabólitos de *Trichoderma*, quando aplicados isoladamente ou combinados com os microrganismos benéficos para as plantas, contribuirá para o desenvolvimento de uma nova geração de bioestimulantes e bioprotetores mais efetivos e ecologicamente amigáveis que os existentes atualmente no mercado (Marra et al., 2019).

Goulet (2021) mostra que esse cenário fomenta o desenvolvimento tecnológico e adoção do controle biológico com resultados que indicam aumento entre 10 e 15% ao ano

no mundo. Em outra perspectiva, quando se considera o mercado mundial, o crescimento da participação dos bioinsumos para controle biológico, em 2019, movimentou US\$ 140 milhões, 15% superior ao ano de 2018, sendo mais que o dobro do crescimento do mercado de agrotóxicos, que foi de 7%, porém, movimentando US\$ 12 bilhões. No território brasileiro, de acordo com Parra (2023) durante a safra 2022/2023, a prática de controle biológico foi adotada em uma área superior a 30 milhões de hectares cultivados. Produtos formulados com *Trichoderma* demonstram elevada eficácia na redução da incidência de tombamento em plantas, além de promoverem a diminuição da severidade de doenças causadas por patógenos do solo, tais como *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* e *Sclerotinia*. Estes produtos podem ser aplicados tanto no tratamento de substratos e sementes quanto por meio de pulverização na parte aérea das plantas. Comercialmente, encontram-se disponíveis em diferentes formulações, incluindo pó molhável (PM), grânulos dispersíveis em água (WG) e suspensões líquidas contendo esporos em meios oleosos ou aquosos. Para assegurar maior estabilidade e prolongar a vida útil dos propágulos, são incorporados adjuvantes protetores às formulações (Bettiol et al., 2009).

A justificativa reside na urgência de práticas agrícolas sustentáveis que associem aumento de produtividade e redução de impactos ambientais, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Steffen et al., 2021).

4. Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na cidade de Vazante (17°59'S, 46°54'O); altitude média de 520 m), região noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e quatro repetições (cada uma com 128 unidades). Cada repetição consistiu em uma bandeja de plástico com 128 células (volume individual de 25 cm³/célula).

Os tratamentos foram o controle (T1), sem aplicação de insumo biológico, somente água. Os demais tratamentos consistiram na aplicação de insumo biológico à base de *Trichoderma asperellum* (Quality- Lallemand Cepa URM 5911 Registro no MAPA n°

08611) que foi aplicado no momento da semeadura, utilizando-se borrifador manual. O produto foi diluído em água destilada conforme as concentrações em que o volume de aplicação foi uniformizado para todos os tratamentos (100 mL/bandeja), garantindo cobertura homogênea do substrato.

O tratamento recomendado (T2) foi composto com a utilização de 100 g/ha, conforme a recomendação do fabricante, ou seja, foi utilizado para cada bandeja a dose de as gramas diluído em 100 mL de água; o tratamento três (T3) foi composto duas vezes a recomendação do fabricante, 4 gramas diluído em 100 mL de água; e o tratamento quatro (T4), três vezes a recomendação, foi composto por 6 gramas diluído em 100 mL de água;

- T1: Controle
- T2: Concentração correspondente à recomendação do fabricante;
- T3: 2× a concentração de T2;
- T4: 3× a concentração de T2.

O substrato foi constituído por mistura homogênea de Latossolo Vermelho (50%) e areia lavada (50%), peneirada (malha de 2 mm) e esterilizada (autoclavagem a 121°C por 1 h). As bandejas foram preenchidas com o substrato, e em cada célula foi semeada uma semente de milho (*Zea mays L.*) da cultivar Lavrador AGS (Figuras 1A e B), juntamente com os tratamentos aplicados. As sementes foram colocadas a 2 cm de profundidade e após isso, submetidas a inoculação adaptada de Souza et al. (2020). Esse processo ocorreu dia 25 de março de 2025 e o início da germinação foi observado em 28 de março de 2025..

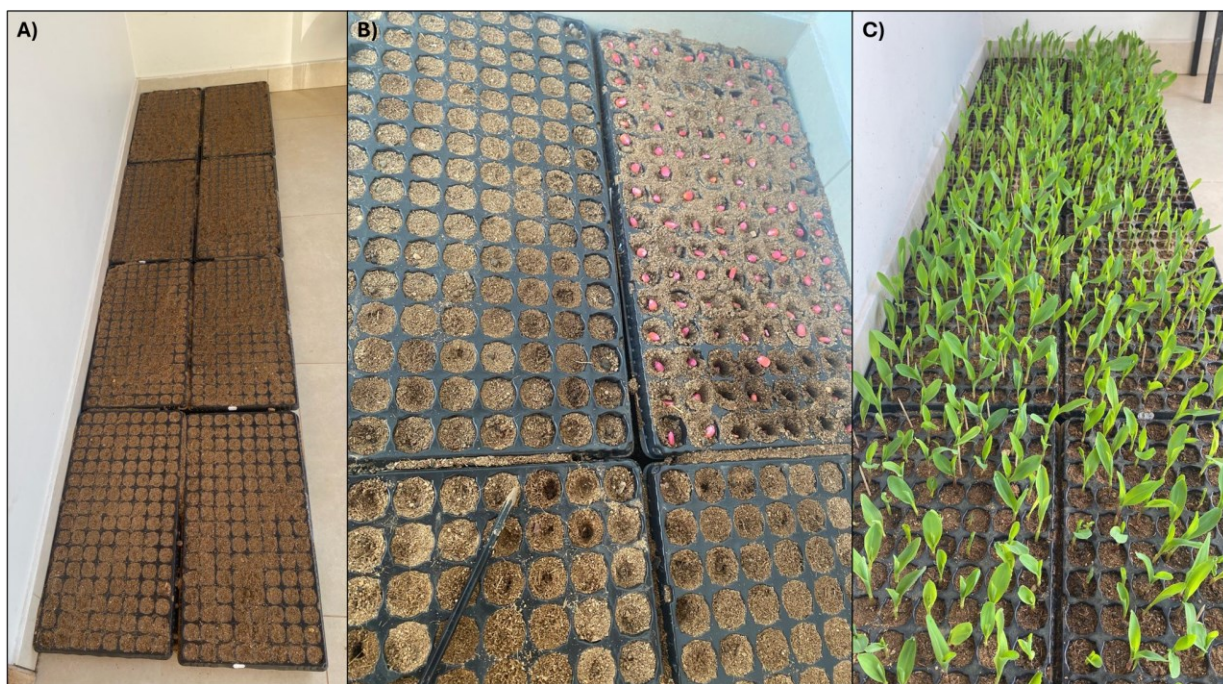


Figura 1: A e B): Bandejas preenchidas com substrato e sementes. C) Plântulas após estabilização da germinação. (Fonte: Autor 2025)

A irrigação foi realizada duas vezes ao dia (8h e 16h), utilizando borrifador manual para manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo ($\approx 60\%$). As bandejas foram mantidas em ambiente controlado (temperatura média: $25 \pm 3^\circ\text{C}$; umidade relativa: $70 \pm 5\%$). Não houve adição de fertilizantes ou defensivos químicos.

Considerou-se:

- Germinação: Contagem diária de plântulas normais emergidas (coleóptilo ≥ 2 mm) até o 14º dia após semeadura (DAS).
- Crescimento vegetativo: Aos 14 DAS, mensuração do comprimento da parte aérea (CPA, cm) com régua milimetrada, da base do coleóptilo ao ápice da última folha expandida. Em que a avaliação de CPA foi medida conforme protocolo de Medeiros et al. (2020).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Sisvar. A homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Levene, e os resultados expressos em Médias $\pm$ desvio padrão (germinação); médias seguidas de letras distintas (crescimento), indicando diferença significativa. O coeficiente de variação (CV) foi calculado para avaliar a precisão experimental (SILVA et al., 2021).

5. Resultados e Discussão

Para analisar os dados de sementes que foram germinadas em cada tratamento, os dados foram compilados na Tabela 1. Com base nessas informações, foi possível evidenciar que houve diferença estatística entre os tratamentos somente no dia 7 da germinação, em que o tratamento 2 (dose recomendada), apresentou maior número de germinação do que o tratamento 4 (3x a dose recomendada). Nos demais dias não houve diferenças entre os tratamentos e no somatório da germinação.

Tabela 1: Quantidade de sementes germinadas por dia em cada tratamento.

Tratamento	Dia 1 a 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Somatório 1 a 7
Trat 1	0	22,00	45,00	22,00	15,75 ab	107,75
Trat 2	0	18,50	35,25	39,00	21,25 a	116,50
Trat 3	0	29,00	36,75	24,00	16,25 ab	108,50
Trat 4	0	23,00	37,00	55,00	4,75 b	122,25
CV(%)	0	51,91	23,09	55,17	51,48	10,56
Média	0	23,13	38,63	35,00	14,50	113,75
DMS	0	26,51	19,69	42,64	16,48	26,53

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ($p > 0,05$)

Observa-se no somatório de germinação, em ordem crescente, que o tratamento 4 foi o que mais germinou, seguido do 2, 3 e 1, ou seja $122,25 > 116,50 > 108,50 > 107,75$. Demonstrando que no tratamento onde não foi realizado a aplicação no substrato (borrifador) obteve menor germinação. A aplicação de produtos no sulco de plantio é uma técnica muito comum e essencial para garantir que nutrientes e insumos estejam disponíveis exatamente onde as plantas precisam, na prática as propriedades possuem pulverizadores acoplados às plantadeiras, com diferentes tipos de bicos e sistemas de

controle de vazão, que permitem a aplicação precisa de fertilizantes líquidos, defensivos biológicos e outros produtos diretamente no sulco.

Mesmo considerando-se que não houve muita variação na velocidade de germinação, observa-se que a mesma em conduções controladas ocorre em quatro dias, o que acaba não favorecendo problemas que podem ser observados em campo como a variação de umidade e temperatura, desenvolvimento de fungos, e outros fatores que acabam interferindo na germinação

Outro tópico importante para se considerar é o índice de velocidade de germinação que pode ser utilizado para identificar emergência mais rápida, pois sementes que possuem maior velocidade de germinação tornam-se menos sensíveis às condições adversas que ocorrem durante o desenvolvimento em campo (NAKAGAWA, 1999). A Tabela 2 mostra a porcentagem de germinação observada com aplicação de diferentes doses de *Trichoderma* no substrato de plantio.

Tabela 2: Porcentagem de germinação observada com aplicação de diferentes doses de Trichoderma no substrato de plantio.

Tratamento	Dia 1 a 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Somatório 1 a 7
Trat 1	0	17,19	35,17	17,19	12,33	84,18
Trat 2	0	14,45	27,54	30,47	16,60	91,01
Trat 3	0	22,66	28,71	18,75	12,70	84,77
Trat 4	0	17,97	28,91	42,99	3,71	95,51
CV(%)	0	51,91	23,09	55,17	51,48	10,56
Média	0	23,13	38,63	35,00	14,50	113,75
DMS	0	26,51	19,69	42,64	16,48	26,53

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p>0,05$)

O tratamento que obteve a melhor taxa de germinação foi o Tratamento 4, com germinação total de 95,51%, e a maior concentração dessa germinação entre os dias 5 e 6. Seguido pelo tratamento com a dose recomendada em que a germinação foi de 91,01%. acima da recomendada para a espécie e verificado pela Embrapa (1997) que é de 90%.

Observa-se que a aplicação do *Trichoderma asperellum* não influenciou, na maioria dos dias de observação, a velocidade e taxa de germinação. Porém, pela dose recomendada 100 mg/ha deve-se realizar mais avaliações pois, pode ser um insumo que irá contribuir

com a melhor produtividade ao longo do ciclo da cultura uma vez que pode influenciar na proteção contra patógenos de solo. Segundo Harman et al. (2004), *Trichoderma spp.* atua na promoção do crescimento vegetal por meio da produção de compostos bioativos e modulação de hormônios. Silva et al. (2021) também observaram aumento do vigor inicial de plântulas de milho tratadas com *T. asperellum*, embora sem diferença estatística na germinação total. Souza et al. (2020) ressaltam que a resposta ao bioinsumo pode variar conforme o genótipo da planta, o tipo de solo ou substrato e as condições ambientais.

Portanto, mesmo sem diferenças estatísticas na germinação acumulada, o uso de *Trichoderma asperellum* mostrou tendência de estímulo inicial, o que pode beneficiar etapas posteriores do desenvolvimento das plântulas.

Esses dados corroboram estudos de Medeiros et al. (2020), que observaram aumento na germinação de sementes de milho tratadas com *T. asperellum*, atribuindo o efeito à produção de fitohormônios, nas plantas, principalmente o ácido indolacético (AIA) que trata-se de uma auxina que promove o crescimento radicular das plântulas, a giberilina que é responsável por estimular a germinação e o crescimento inicial da plântula, e também a citocinina que estimulam a divisão celular e o desenvolvimento de parte aérea.

O crescimento da parte aérea das plântulas de milho da cultivar Lavrador AGS variou conforme a dose de *Trichoderma asperellum* aplicada. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Comprimento médio da parte aérea (cm) de plântulas de milho sob diferentes doses de Trichoderma asperellum.

Tratamento	Comprimento médio Parte Aérea	Comprimento das menores plântulas	Comprimento das maiores plântulas
	-----cm-----		
1 – Sem inoculação	9,92 b	2,13 b	16,50 b
2 – Dose do fabricante	9,66 b	1,88 b	15,88 b
3 – 2x a dose	15,00 a	5,00 a	22,88 a
4 – 3x a dose	13,46 ab	3,12 b	22,5 a
CV (%)	15,2	24,93	7,21
Média	12,01	3,03	19,44
DMS	4,03	1,67	3,09

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de tukey a 5%

As plântulas (128) por repetição, permitiram que fossem gerados os valores do crescimento médio (Média geral das 128 plântulas) e separou-se os dados em valores abaixo da média (menores plântulas) e acima da média (maiores plântulas) visando avaliar também a amplitude do crescimento vegetativo da parte aérea. Observou-se que os tratamentos que apresentaram diferença no crescimento da parte aérea foram os T3 e T4, com destaque para a dose 2 vezes a recomendada (T3) pôr nas 3 avaliações ter obtido os maiores valores. Da mesma forma, os tratamentos controle (T1) e dose recomendada (T2) apresentaram os menores crescimentos vegetativos, não diferindo entre si. Deve-se realizar mais estudos para verificar se o aumento da dose na aplicação do sulco é realmente mais seguro. Mesmo, o tratamento T4, que apresentou maiores médias, não diferiu estatisticamente de T1 e T2, possivelmente indicando que doses muito elevadas podem não resultar em aumentos proporcionais de crescimento, o que já foi observado em outros estudos (Souza et al., 2020). Isso reforça a importância da definição de doses ideais para maximizar o benefício fisiológico da aplicação do bioinsumo.

Para se obter uma lavoura de alta produtividade, depende-se de diversos fatores, entre eles a associação de práticas culturais adequadas, a genética do material e os fatores ambientais (Silveira et al., 2010). De maneira geral, plântulas originadas de sementes de alto vigor produzem áreas fotossintéticas mais rapidamente, obtendo maior índice de matéria seca quando comparadas a plântulas oriundas de sementes de baixo vigor (Tavares et al., 2013). Assim, indiretamente esse arranque inicial poderá promover os aumentos na produtividade final da cultura.

Esses resultados sugerem que *Trichoderma asperellum*, em doses superiores à recomendada, tem potencial para estimular o crescimento inicial da parte aérea de plântulas de milho. Essa resposta pode estar relacionada à produção de hormônios vegetais, como auxinas e giberelinas, promovida por algumas linhagens de *Trichoderma*, conforme relatado por Harman et al. (2004) e corroborado por Silva et al. (2021).

Tais achados corroboram com estudos prévios que apontam o potencial do *Trichoderma asperellum* em doses elevadas para promover o crescimento vegetal por meio da produção de fitohormônios, solubilização de nutrientes e estímulo à atividade radicular (Harman et al., 2004; Hoyos-Carvajal et al., 2009). A dose duplicada pode ter atingido um ponto ótimo

de estímulo sem causar estresse por excesso de microrganismos, o que pode ter ocorrido parcialmente na dose tripla.

6. Conclusões

Conclui-se que o *Trichoderma asperellum* apresenta potencial como bioinsumo promotor do crescimento inicial do milho, principalmente em doses intermediárias a elevadas, possivelmente pela produção de fitormônios e melhoria na disponibilidade de nutrientes no substrato. Contudo, recomenda-se a realização de estudos complementares em condições de campo, avaliando não apenas a germinação e o desenvolvimento inicial, mas também os efeitos ao longo do ciclo da cultura e a produtividade final, a fim de validar a eficiência agrônômica do produto e definir as doses mais adequadas para uso prático.

7. Referências Bibliográficas

ANDRADE, F. H. et al. Kernel number determination in maize. *Crop Science*, v. 39, n. 2, p. 453–459, 1999.

BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C.; CODON, A. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, v. 7, p. 249–260, 2004.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (ed.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 240 p.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R. *Trichoderma na promoção do crescimento vegetal*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 97–102, 2017. DOI: 10.32404/rean.v4i3.1529.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. *Trichoderma virens ... Auxin-Dependent Mechanism in Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 149(3), 1579–1592, 2009.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. *Importância socioeconômica do milho*. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Sete Lagoas: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1997. 24 p.

FANCELLI, A. L. *Milho: tecnologia da produção*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007.

GABRE, V. V. et al. Multiple effect of different plant growth promoting microorganisms on beans (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 63, e20190493, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190493>

GOULET, F. Characterizing alignments in socio-technical transitions: lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. *Technology in Society*, v. 65, 101580, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101580>

HARMAN, G. E. et al. Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n. 1, p. 43–56, 2004.

HARMAN, G. E. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96, 190–194, 2006.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. *O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro*. Embrapa Soja, Londrina, 2014.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BASTIDAS, M. L. *Trichoderma* spp. as biocontrol agents against pathogens. *Biological Control*, v. 43, p. 231–243, 2007.

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.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. *Crop Science*, v. 39, p. 1548–1596, 1999.

MACHADO, D. F. M. et al. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, 35(1), 274–288, 2012.

MACHADO, M. A. et al. Utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal na agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(7), 745–751, 2012.

MARRA, R. et al. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(7), 1814–1822, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06236>

MEDEIROS, F. H. V. et al. *Trichoderma*-induced physiological responses in maize seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 387–398, 2020.

MONTEIRO, F. P.; SANTOS, G. R.; FREITAS, L. G. S. Efeito de espécies de *Trichoderma* na germinação e crescimento de plântulas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 15(2), 261–269, 2016.

MONTEIRO, J. E. (org.). *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C. et al. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1–2.21.

NIELSEN, R. L. Grainfill stages in corn. *Corny News Network Articles*. West Lafayette: Purdue University, 2019. Disponível em: <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GrainFill.html>.

OLIVEIRA, A. G. de; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, G. R. dos; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. Potential phosphate solubilization and AIA production of *Trichoderma* spp. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(3), 149–155, 2012. DOI: 10.18378/rvads.v7i3.1338

OLIVEIRA, L. A. B.; PEREIRA, A. R.; SANTOS, M. F. Growth promotion of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* seedlings using strains of *Trichoderma* spp. under phosphorus rates. *Floresta*, 53(2), 165–173, 2023.

PACHECO, K. R. et al. Efficacy of *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* and *T. reesei* against *Sclerotium rolfsii*. *Bioscience Journal*, 32(2), 412–421, 2016.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: state of art and perspectives. *Scientia Agricola*, 80, 1–4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0080>

PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. dos S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 31(4), 1071–1078, 2010.

RABUSKE, J. E. et al. *Trichoderma asperellum* no controle de cancro do tronco em *Carya illinoensis*. *Ciência Florestal*, 33(3), e72270, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098672270>

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. *How a corn plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1993.

RIBAS, P. P.; RECH, R.; DOS SANTOS MATSUMURA, A. T.; VAN DER SAND, S. T. Potencial in vitro para solubilização de fosfato por *Trichoderma spp.* *Revista Brasileira de Biociências*, 14(2), 2016.

SAMOLSKI, F. et al. Uso de *Trichoderma spp.* como promotor de crescimento vegetal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(7), 745–751, 2012.

SANGOI, L. et al. *Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos*. Lages: Graphel, 2010.

SERPA, M. S. et al. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(4), 541–549, 2012.

SILVA, R. A. et al. Efeito do *Trichoderma asperellum* na germinação e crescimento inicial de plântulas de milho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 16(1), 2021.

SILVA, R. C. et al. Impact of *Trichoderma*-based products on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 55, e81360, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/393549715_Impact_of_Trichoderma-based_products_on_Sclerotinia_sclerotiorum1

SILVEIRA, G. et al. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afiliação sobre a adaptabilidade e estabilidade no trigo. *Bragantia*, 69(1), 63–70, 2010.

SOUZA, J. R. et al. Bioinsumos microbianos e seus efeitos no crescimento de plantas. *Ciência Agronômica*, 51(3), 2020.

SOUZA, J. R. et al. Utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal na agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(7), 745–751, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/393549715_Impact_of_Trichoderma-based_products_on_Sclerotinia_sclerotiorum1

STEFFEN, G. P. K. et al. Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma harzianum*. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4455–4468, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-296>

STEFFEN, G. P. K. et al. Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma harzianum*. *Brazilian Journal of Development*. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23029>.

TAVARES, L. C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, 43(8), 1357–1363, 2013.

VINALE, F. et al. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72(3), 80–86, 2008.

ZIN, N. A.; BADALUDDIN, N. A. Biological functions of *Trichoderma spp.* for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168–178, dez. 2020.