

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/12/2026

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until December 10, 2026

MICHELANE SILVA SANTOS LIMA

QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM TRATADAS COM
***Trichoderma* spp. (HYPOCREALES – FUNGI)**

Botucatu

2024

MICHELANE SILVA SANTOS LIMA

**QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM TRATADAS COM
Trichoderma spp. (HYPOCREALES – FUNGI)**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori

Coorientadora: Rute Quelvía de Faria

Botucatu

2024

L732q

Lima, Michelane Silva Santos

Qualidade de sementes de feijão comum tratadas com *Trichoderma* spp. (Hypocreales – Fungi) / Michelane Silva Santos Lima. -- Botucatu, 2024

78 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori

Coorientadora: Rute Quelvã de Faria

1. Controle biológico. 2. Patologia de Sementes. 3. *Trichoderma*. 4. Armazenamento. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM TRATADAS COM *Trichoderma* spp. (HYPOCREALES - FUNGI)

AUTORA: MICELANE SILVA SANTOS LIMA

ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

COORIENTADORA: RUTE QUELVIA DE FARIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Pesquisadora Dr.^a MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. RENATO FERNANDES CANTÃO (Participação Virtual)
Física, Química e Matemática / Universidade Federal de São Carlos

Prof.^a Dr.^a AMANDA RITHIELI PEREIRA DOS SANTOS (Participação Virtual)
/ Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof.^a Dr.^a ADRIANA ZANIN KRONKA (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Botucatu, 10 de dezembro de 2024.

A minha amada família,

dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua constante presença em minha vida, pela paz que acalma meu coração e pela esperança que me guia em cada passo.

Aos meus queridos pais, Luisa e Antonio, minha eterna gratidão pelo apoio incondicional, pelo amor e pelos sacrifícios que fizeram por mim. Meu coração se enche de gratidão por tê-los ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus queridos irmãos, Maxsuel, Mikele, Mateus e Caroline, a quem tanto amo e zelo, mesmo de longe, por todo o companheirismo e pelos preciosos conselhos.

À minha querida orientadora, Dra. Maria Márcia Pereira Sartori, por me dar a oportunidade de desenvolver a pesquisa sob sua mentoria, por acreditar em mim e por ser mais do que uma orientadora. Acolheu-me como filha e proporcionou momentos leves, descontraídos e inesquecíveis.

À minha coorientadora, Dra. Rute, por toda contribuição no desenvolvimento da tese, suporte e ajuda com as cepas de *Trichoderma*.

Aos meus amigos, que foram muito mais e se tornaram uma família especial: Bruna, Mônica, Felipe, Renata e Gabriela, por cada risada e cada momento inesquecível que ficará eternizado em meu coração. Destaco minha querida amiga Bruna, que foi um anjo enviado por Deus, abençoando-me com seu apoio, companheirismo diário, força e por estar ao meu lado até o último minuto em São Paulo.

À minha amiga Ítala, com quem dividimos a vida durante o doutorado, sua companhia e amizade foi essencial durante esse ciclo.

Ao Laboratório de Sementes, composto por Vitor, Denis, Matias, Pedro, Taise, Tamires e Valéria, com quem compartilhei momentos especiais e divertidos, além do ambiente de trabalho.

À professora Dra. Adriana Zanin Kronka e Alana Emanoele, por me ajudarem, disponibilizando as instalações e me dando todo o suporte técnico necessário para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Dr. Edvaldo Amaral, pela amizade e conselhos.

À minha querida amiga Dra. Amanda Rithieli, por sua amizade, por sempre estar presente em minha vida, me fortalecendo e ajudando a esclarecer inúmeras dúvidas.

A todos os professores e funcionários da FCA.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida. Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 88887.606553/2021-00.

RESUMO

A garantia dos atributos de qualidade física, fisiológica, genética e, especialmente, sanitária das sementes de feijão comum é um dos principais desafios na produção dessa cultura que é altamente suscetível ao ataque de diversos microrganismos patogênicos. Embora o tratamento químico predomine na proteção de sementes, a associação com produtos biológicos contendo microrganismos antagonistas tem revolucionado o manejo fitossanitário, compatibilizando-o com sistemas agrícolas mais sustentáveis e promovendo a conservação dos recursos naturais. Entre os agentes biológicos, fungos do gênero *Trichoderma* representam cerca de 90% das bioformulações aplicadas em campo para o controle de doenças. No entanto apesar do amplo conhecimento de informações sobre a ação desse antagonista no controle de doenças, pouco se sabe sobre seu comportamento e persistência nas sementes durante o armazenamento. Este estudo teve como objetivos (i) avaliar o efeito do tratamento de sementes de feijão com diferentes cepas de *Trichoderma*, associadas ou não a fungicidas, sobre a qualidade fisiológica das sementes armazenadas à 30°C e 75% de umidade relativa, e (ii) estimar a longevidade das sementes tratadas por meio de modelagem matemática, aplicando as funções Probit, Logit e Cauchy-SSF para calcular o P_{50} (tempo em que 50% das sementes ainda são viáveis). Os resultados indicaram que (i) as cepas de *Trichoderma* proporcionaram ganhos significativos na qualidade fisiológica e longevidade das sementes em comparação com aquelas sem tratamento. (ii) Entre os modelos testados, a função Cauchy-SSF demonstrou o melhor ajuste, apresentando menor erro absoluto e melhores índices de qualidade, destacando-se como uma ferramenta robusta para a estimativa da viabilidade das sementes ao longo do tempo. Esses achados reforçam o potencial do uso de *Trichoderma* como um método biológico eficaz para promover atributos superiores de qualidade das sementes e para apoiar práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: tratamento de sementes; qualidade fisiológica; modelagem matemática; agricultura sustentável; controle biológico.

ABSTRACT

Ensuring the physical, physiological, genetic, and especially sanitary quality attributes of common bean seeds is one of the main challenges in production of this crop, which is highly susceptible to attacks by various pathogenic microorganisms. Although chemical treatment remains predominant in seed protection, combining biological products containing antagonistic microorganisms has revolutionized phytosanitary management, aligning it with more sustainable agricultural systems and promoting the conservation of natural resources. Among the biological agents, fungi of the *Trichoderma* genus account for approximately 90% of bioformulations applied in the field for disease control. However, despite the extensive knowledge of this antagonist's action in disease control, little is known about its behavior and persistence in seeds during storage. This study aimed to (i) evaluate the effect of treating common bean seeds with different *Trichoderma* strains, either in combination with fungicides or not, on the physiological quality of seeds stored at 30°C and 75% relative humidity, and (ii) estimate the longevity of the treated seeds through mathematical modeling, applying the Probit, Logit, and Cauchy-SSF functions to calculate the *P*50 (the time at which 50% of the seeds remain viable). The results indicated that (i) *Trichoderma* strains significantly improved the physiological quality and longevity of seeds compared to untreated ones; and (ii) among the models tested, the Cauchy-SSF function showed the best fit, with lower absolute error and better-quality indices, standing out as a robust tool for estimating seed viability over time. These findings reinforce the potential of using *Trichoderma* as an effective biological method to promote superior seed quality attributes and support sustainable agricultural practices.

Keywords: seed treatment; physiological quality; mathematical modeling; sustainable agriculture; biological control.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM TRATADAS COM <i>Trichoderma</i> spp. DURANTE O ARMAZENAMENTO	20
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
1.4 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO 2 – ESTIMATIVA DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM TRATADAS COM <i>Trichoderma</i> spp.	47
2.1 INTRODUÇÃO.....	47
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
2.4 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
REFERÊNCIAS	75

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) destaca-se como uma leguminosa de grande importância econômica e social no Brasil. Dados da Conab (2025) apontam que a produção de feijão atingiu a marca de 322,3 milhões de toneladas de grãos na safra 2024/2025, um aumento de 8,2% em relação à safra anterior. Segundo a Embrapa Arroz e Feijão (2023), o consumo médio per capita de feijão-comum foi de 12,7 kg por habitante em 2021, com 80% do consumo voltado para o feijão-comum - fato esse pela preferência dos consumidores, que variam conforme a cor e o tipo de grão de acordo com a região. No cenário de produção agrícola, a região Sul segue em liderança, seguida pelas regiões Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte.

Atualmente, o Brasil ocupa a primeira posição no ranking de países produtores de feijão comum, sendo o segundo maior produtor (Faostat, 2024). Essa relevância econômica é significativa para o setor agrícola brasileiro, exercendo impacto socioeconômico, gerando fontes de rendas de maneira direta quanto indireta, ao longo de toda a cadeia produtiva, desde o cultivo até a comercialização (Conab, 2024). Além disso, o cultivo do feijão comum contribui para a diversificação das atividades agrícolas, favorecendo a inclusão social e o desenvolvimento das comunidades rurais. Com a crescente demanda por alimentos, o feijão se estabelece não apenas como uma fonte de sustento, mas também como um pilar essencial para a segurança alimentar (Justino, 2019).

As sementes certificadas contribuem significativamente para o aumento da produtividade. No cenário atual, estima-se que menos de 20% da produção nacional de feijão comum utiliza esse tipo de semente (Olanda; Olanda; Job; 2022). Durante a safra 2020/2021, os números apontaram para 3% no Rio Grande do Sul, 16% em São Paulo e Santa Catarina, e 10% na Bahia. Em contrapartida, Goiás registrou uma taxa superior a 45%, região que localiza a Embrapa Arroz e Feijão (ABRASEM, 2020).

O uso de sementes certificadas resulta em plantas mais saudáveis e vigorosas, com características fiéis à espécie e a cultivar. Assim, não apenas o patrimônio genético é preservado, mas também a qualidade física, genética e fisiológica é garantida (Carvalho e Nakagawa, 2012). Além disso, a utilização de sementes saudáveis é crucial para controlar os patógenos quase exclusivamente veiculados por elas, como o crestamento bacteriano e a antracnose do feijoeiro (Neergaard, 1977).

O feijão é uma cultura altamente suscetível ao ataque de diversos

microrganismos, sendo afetado por uma ampla gama de doenças de origem biótica, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides. Mais de 200 doenças que comprometem a produtividade do feijoeiro já foram relatadas (Maffia; Carmo; Katsurayama, 1988; Schawartz; Pastor Corrales, 1989; Assefa *et al.*, 2019). No Brasil, cerca de 20% dessas doenças ocorrem com maior frequência, sendo que parte dos patógenos associados são transmitidos pelas sementes (Rey, 2021).

O grau de incidência das doenças é influenciado por fatores como a região, época de plantio, variedade da semente e condições climáticas, podendo manifestar-se de acordo com as características específicas do desenvolvimento (Wendland; Lobo Júnior; Faria, 2018). Entre as principais doenças do feijoeiro comum que afetam a parte aérea encontram-se: a antracnose causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, a mancha angular (*Pseudocercospora griseola*), a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), o oídio (*Erysiphe polygoni*) e a mancha de alternária (*Alternaria* spp.), e as principais doenças radiculares causadas por *Fusarium oxysporum* e *Fusarium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, assim como *Rhizoctonia solani* (EMBRAPA, 2018).

Os agentes causais de doenças que infestam o feijão determinam perdas tanto no volume de produção quanto na qualidade de sementes, pois apresentam capacidade de sobreviver no solo durante vários anos, e quando encontram condições adequadas, esses patógenos atacam o sistema radicular e/ou a parte aérea das plantas, causando lesões que comprometem o desenvolvimento ou até levam à morte da cultura (Athayde Sobrinho, 2000; Martín *et al.*, 2022).

No estágio inicial de desenvolvimento, as sementes encontram-se tenras e cheias de nutrientes. Durante o processo de embebição, esses nutrientes são liberados ao solo, servindo de fonte de alimento para microrganismos presentes, o que pode favorecer seu crescimento e potencial ataque às sementes (Marcos Filho, 2015). Para protegê-las das pressões exercidas por fitopatógenos habitantes do solo, uma estratégia eficaz é o tratamento de sementes.

O tratamento de sementes é uma tecnologia de proteção contra patógenos e pragas que atuam no armazenamento e no solo. Essa prática é amplamente recomendada por reduzir a infestação de patógenos que podem comprometer o desenvolvimento inicial das sementes no solo e por minimizar a transmissão de doenças por meio das mesmas, contribuindo para a manutenção da sanidade (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Atualmente, o controle químico continua sendo o método mais utilizado para

combater doenças que afetam o feijoeiro. Segundo dados da FAO (2023), o Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos em valores absolutos, demanda impulsionada pelo protagonismo do país na produção de grandes commodities e pela elevada necessidade de insumos para alcançar altos índices de produtividade. Embora seja eficiente, o controle químico apresenta um efeito temporário e necessita ser reaplicado durante o desenvolvimento da cultura. Além disso, o uso contínuo desses produtos favorece o desenvolvimento de populações de microrganismos resistentes (McDonald; Linde, 2002).

Nos últimos anos, a busca por uma agricultura mais sustentável tem impulsionado o uso de produtos biológicos (Adapar, 2021). Esses insumos representam uma alternativa promissora no manejo, pois microrganismos atuam no antagonismo a fitopatógenos do solo e atendem à crescente demanda da sociedade por alimentos livres de agroquímicos, exigindo maior investimento em programas de controle biológico (Collange *et al.*, 2011).

Com isso, a integração com o controle biológico no de manejo dos cultivos vem revolucionando a agricultura e o manejo fitossanitário, esta estratégia de controle é compatível com os sistemas agrícolas autossustentáveis, cujas práticas contemplam a conservação dos recursos naturais (Wei *et al.*, 2023). Além de possuir um custo relativamente menor e por representar um risco menor à contaminação e, conseqüentemente, à saúde humana e ao meio ambiente (Chui *et al.*, 2023), este método faz parte de uma estratégia sustentável, bem consolidada no Brasil.

Desse modo, o controle de doenças com agentes de controle biológico, como os fungos do gênero *Trichoderma*, apresenta-se como uma alternativa útil para diminuir ou inibir progresso de microrganismos patogênicos em sementes (Corrêa *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2012). O uso de *Trichoderma* representam cerca de 90% das bioformulações aplicadas em campo para o controle de doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides (Youssef; Tartoura; Abdelraouf, 2016). Esses agentes de controle biológico são conhecidos por seu rápido crescimento e alta capacidade de adaptação a uma ampla gama de condições ecológicas (Martinez *et al.*, 2008; Han *et al.*, 2016; Solanki *et al.*, 2024).

Trichoderma é um fungo hemibiotrófico, eficaz no controle de inúmeras pragas e doenças (Melo, 1998). Foi relatado pela primeira vez em 1932, por Weidling, que sugeriu seu uso no controle de doenças (Spiegel; Chet, 1998). O aumento no interesse pelo controle biológico de doenças de plantas é também uma consequência da melhoria

na legislação para o registro de agentes biológicos no país. Entretanto, mesmo com mais de 250 de espécies de *Trichoderma* já identificadas (Bissett *et al.*, 2015), menos de 20 são estudadas no controle biológico de pragas e doenças de plantas (Fontes, 2020), e pouco desses estudos são direcionados para controle de doenças em sementes de feijão comum.

Estudos bem consolidados demonstram os diversos efeitos benéficos associados às espécies do gênero *Trichoderma*, especialmente por sua capacidade antagonista, que envolve múltiplos mecanismos de ação, como: micoparasitismo, antibiose e competição (Lorito *et al.*, 2010; Monteiro *et al.*, 2010; Zeilinger *et al.*, 2016).

O micoparasitismo, presente em todas as espécies de *Trichoderma*, ainda que diferentes intensidades, permite que esses fungos ataquem e se alimentem de fungos e oomicetos fitopatogênicos, utilizando sua biomassa como fonte de nutrientes (Druzhinina *et al.*, 2018). Além disso, *Trichoderma* se destaca por sua elevada tolerância ao estresse oxidativo e por sua capacidade de metabolizar diversas fontes de carbono e nitrogênio. Essas características conferem vantagem competitiva sobre outros microrganismos, favorecendo sua colonização e inibindo o desenvolvimento de fitopatógenos (Stadnik; Bettiol, 2000).

A antibiose consiste na produção de metabólitos tóxicos por *Trichoderma*, os quais causam danos aos patógenos. Entre esses compostos estão enzimas hidrolíticas como exoglucanases, endoglucanases, celobiase e quitinase, que atuam na degradação da parede celular de fungos fitopatogênicos (Ridout; Coley-Smith; Lynch, 1988; Papavizas, 1985; Elad; Chet; Henis, 1982).

Essas características tornam os fungos do gênero *Trichoderma* excelentes agentes antagonistas, com capacidade de competir por espaço. Nutrientes, colonizar o ambiente rizosférico e proteger as plantas hospedeiras contra doenças. Além disso, esses microrganismos são capazes de induzir mecanismo de defesa vegetal frente a estresses bióticos e abióticos. A *Trichoderma*, tem contribuído de forma significativa para a agricultura, promovendo o crescimento e a produtividade das plantas, e mitigando os efeitos negativos do estresse salino (Machado *et al.*, 2012).

Embora muitas literaturas apresentem informações sobre a ação do controle de doenças com *Trichoderma*, pouco se sabe sobre seu comportamento e sobrevivência durante o armazenamento de sementes. Além disso, os resultados disponíveis são frequentemente conflitantes quanto à eficiência do tratamento de sementes seguindo do armazenamento. Bewley *et al.* (2013), relataram que fatores

como a constituição química da semente, estágio de maturação, viabilidade inicial, umidade, temperatura do ar e grau de infecção por microrganismos e insetos afetam a longevidade. No entanto, os efeitos do tratamento de espécies de *Trichoderma* no armazenamento ainda não foram relatadas.

Assim, abrir uma linha de pesquisa que explora o efeito de diferentes cepas de *Trichoderma* no controle de fitopatógenos, bem como sua influência na qualidade das sementes durante o armazenamento, pode contribuir para o desenvolvimento de agentes de controle mais eficazes e ecologicamente seguros do que os atualmente disponíveis no mercado, visto que, para sementes de feijão, há poucos relatos a respeito do efeito desse tratamento sobre o potencial produtivo, qualidade e longevidade de sementes feijão comum durante o armazenamento e em temperaturas controladas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A associação do tratamento químico com produtos biológicos emerge como uma alternativa viável compatível com os sistemas agrícolas autossustentáveis, cujas práticas contemplam a conservação dos recursos naturais. Este trabalho avançou no entendimento do impacto do tratamento de sementes com *Trichoderma* na qualidade fisiológica, especialmente no prolongamento de sua viabilidade em condições de estresse e na sua efetividade como agente antagonista a patógenos típicos do armazenamento, contribuindo com a melhoria da qualidade sanitária. Além disso, o tratamento de sementes de feijão comum com o fungicida Carboxina/Tiram demonstrou evidências de não comprometer a qualidade fisiológica, sem diferenças significativas em comparação com sementes não tratadas.

REFERÊNCIAS

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Produção de Sementes: Feijão no ano de 2021 (Safr 2020/2021)**. Disponível em: <https://www.abrasem.com.br/estatisticas>. Acesso em: 27 de março de 2025.

ADAPAR - Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. **Agrotóxicos no Paraná**, 2021. Disponível em: <http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>. Acesso em: 14 de junho de 2025.

ASSEFA, T.; ASSIBI MAHAMA, A.; BROWN, A. V.; CANNON, E. K. S.; RUBYOGO, J. C.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; CANNON, S. B. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, 39, 1–23, 2019.

ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A. dos. **Doenças do feijão caupi**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/producao/doencas>. Acesso em: 27 de março de 2025.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3 ed. New York, Springer Science & Business Media, 2013.

BISSETT, J.; GAMS, W.; JAKLITSCH, W.; SAMUELS, G. J. Accepted *Trichoderma* names in the year 2015. *IMA Fungus*, v. 6, n. 2, p. 263–295, 2015.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CHUI, M.; EVERS, M.; MANYIKA, J.; ZHENG, A.; NISBET, T. **The bio revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives**. In: Augmented Education in the Global Age. Routledge, 2023.

COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: the challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, v. 30, n. 10, p. 1251–1262, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, DF, v.12, n.6 p. 88-88, mar. 2025. Safra 2024/2025, Sexto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 27 de março de 2025.

CORRÊA, B. O.; MOURA, A. B.; DENARDIN, N. D.; SOARES, V. N.; SCHÄFER, J. T.; LUDWIG, J. Influência da microbiolização de sementes de feijão sobre a transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. E Magn). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 156–163, 2008.

DRUZHININA, I. S. et al. Massive lateral transfer of genes encoding plant cell wall-degrading enzymes to the mycoparasitic fungus *Trichoderma* from its plant-associated hosts. **PLoS genetics**, v. 14, n. 4, p. e1007322, 2018.

ELAD, Y.; CHET, I.; HENIS, Y. Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma Harzianum*. **Canadian Journal of Microbiology**, v.28, p.719-725,1982.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Árvores do conhecimento: Feijão**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pos-producao/consumo>. Acesso em: 27 de março de 2025.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Emprego mundial de pesticidas**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. Acesso em: 10 de janeiro de 2025.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and agriculture data**. 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 14 de junho de 2025.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 510 p. 2020.

HAN, P.; YANG, C.; LIANG, X.; LI, L. Identification and characterization of a novel chitinase with antifungal activity from 'Baozhu' pear (*Pyrus ussuriensis* Maxim.). **Food Chemistry**, v. 196, p. 808–814, 2016.

JUSTINO, L. F. Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 224, 2019.

LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, E. G.; MONT, E. Translational research on *Trichoderma*: from 'omics to the field. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, n. 1, 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, p. 274–288, 2012.

MAFFIA, L. A.; CARMO, M. G. F.; KATSURAYAMA, Y. 1988. In: Seminário sobre pragas e doenças do feijoeiro, 3. Anais. Piracicaba. p.103-126.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

MARTÍN, I.; GÁLVEZ, L.; GUASCH, L.; PALMERO, D. Fungal Pathogens and Seed Storage in the Dry State. **Plants**, v. 11, n. 22, 2022.

MARTINEZ, D. et al. Genome sequencing and analysis of the biomass-degrading fungus *Trichoderma reesei* (syn. *Hypocrea jecorina*). **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 5, p. 553–560, 2008.

- MCDONALD, B. A.; LINDE, C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**, n. 40, 349–379, 2002.
- MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. N.; STEINDORFF, A. S.; COSTA, F. T.; NORONHA, E. F.; RICART, C. A. O.; SOUSA, M. V.; VAINSTEIN, M. H.; ULHOA, C. J. New insights in *Trichoderma harzianum* antagonism of fungal plant pathogens by secreted protein analysis. **Current Microbiology**, v. 61, n. 4, p. 298–305, 2010.
- NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London, The MacMillan Press Ltd. V.2, 1977, 1187p.
- OLANDA, G.; OLANDA, R.; JOB, R. Sanidade De Sementes De Feijão Provenientes De Famílias Guardiãs De Sementes Do Município De Canguçu-Rs, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 41, 2022.
- OLIVEIRA, A. G.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma spp.* **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 149–155, 2012.
- PAPAVIZAS, G. C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. **Annual Review of Phytopathology**, v.23, p.23-54, 1985.
- REY, M. S.; LIMAIRO, N. B.; SANTOS, J. dos; PIEROBOOM, C. R. Transmissão semente-plântula de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 465–470, 2021.
- RIDOUT, C.J.; COLEY-SMITH, J.R.; LYNCH, J.M. Fractionation of extracellular enzymes from mycoparasitic strain of *Trichoderma Harzianum* **Enzyme and Microbial Technology**, v.10, p.180-187, 1988.
- SCHWARTZ, H. F.; PASTOR CORRALES, M. A. **Bean production problems in the tropics**. Cali: CIAT, 725, 1989.
- SOLANKI, M. K.; JOSHI, N. C.; SINGH, P. K.; SINGH, S. K.; SANTOYO, G.; AZEVEDO, L. C. B.; KUMAR, A. From concept to reality: Transforming agriculture through innovative rhizosphere engineering for plant health and productivity. **Microbiological Research**, p. 127553, 2024.
- SPIEGEL, Y.; CHET, I. Evaluation of *Trichoderma spp.* as a biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. **International Pest Management Reviews**, v. 3, n. 3, p. 169–175, 1998.
- STADNIK, M. J.; BETTIOL, W. Controle biológico de oódeos. In: Melo, I. S.; Azevedo, J. L. **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.95–112, 2000.
- WEI, Y.; YANG, H.; HU, J.; LI, H.; ZHAO, Z.; WU, Y.; LI, J.; ZHOU, Y.; YANG, K.; YANG, H. *Trichoderma Harzianum* inoculation promotes sweet sorghum growth in the saline soil by modulating rhizosphere available nutrients and bacterial community. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1258131, 2023.

WEINDLING, R. Studies on lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. **Phytopathology**, v. 24, p. 1153–1179, 1934.

WENDLAND, A.; LOBO JÚNIOR, M.; DE FARIA, J. C. **Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum**. Embrapa Arroz e Feijão, 2018.

YOUSSEF, S. A.; TARTOURA, K. A.; ABDELRAOUF, G. A. Evaluation of *Trichoderma Harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. **Biological Control**, v. 100, p. 79–86, set. 2016.

ZEILINGER, S.; GRUBER, S.; BANSAL, R.; MUKHERJEE, P. K. Secondary metabolism in *Trichoderma* – Chemistry meets genomics. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, n. 2, p. 74–90, 2016.