REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

# BIOCONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* POR *Trichoderma* spp.: FATORES ECOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS RELACIONADOS À EFICIÊNCIA DO CONTROLE BIOLÓGICO

# BIOCONTROL OF *Sclerotinia sclerotiorum* BY *Trichoderma* spp.: ECOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL, AND TECHNOLOGICAL FACTORS RELATED TO THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL CONTROL

**Maira Cristina Schuster Russiano**
Doutora em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: maira.schuster@hotmail.com

**Camila Natacha Salvadori**
Mestranda de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: camilasalvadorinatacha@gmail.com

**Yana Kelly Kniess**
Acadêmica de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: yanakniess@alunos.utfpr.edu.br

**Sérgio Miguel Mazaro**
Docente do Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: sergio@utfpr.edu.br

**Samara Baú Morgan**
Acadêmica de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: samaramorgan@alunos.utfpr.edu.br

**Lilian de Souza Vismara**
Docente do Curso de Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: lilianvismara@professores.utfpr.edu.br

## Resumo

*Trichoderma* spp. destaca-se como um dos principais agentes de controle biológico utilizados mundialmente, apresentando elevada eficiência no manejo de fitopatógenos de solo e estruturas de resistência fúngicas. Entre suas aplicações, o controle de Sclerotinia sclerotiorum, agente causal do mofo branco da soja, merece destaque devido às elevadas perdas econômicas ocasionadas pela doença e à capacidade do patógeno de sobreviver no solo por meio de escleródios. O antagonista atua por diferentes mecanismos, como micoparasitismo, antibiose, competição por nutrientes e espaço, além da indução de resistência em plantas, promovendo a colonização e degradação dos escleródios, reduzindo o potencial de inóculo no solo. O presente trabalho aborda os principais fatores relacionados à eficiência de *Trichoderma* spp. no biocontrole do mofo branco, enfatizando os períodos mais adequados para aplicação, especialmente na entressafra e em fases iniciais da cultura, bem como práticas de manejo que favorecem sua sobrevivência e estabelecimento no solo, incluindo manutenção da matéria orgânica, uso de cobertura vegetal e sistemas conservacionistas. Além disso, são discutidas as diferentes respostas fisiológicas das espécies e estirpes do gênero sob condições de baixas temperaturas, evidenciando a existência de isolados tolerantes ao frio com potencial de uso em regiões e períodos de menor temperatura. Dessa forma, *Trichoderma* spp.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

apresenta elevado potencial como ferramenta sustentável no manejo integrado do mofo branco e de outros fitopatógenos agrícolas.

**Palavras-chave:** Controle biológico; doenças; fitopatógenos; soja.

## Abstract

*Trichoderma* spp. stands out as one of the main biological control agents used worldwide, showing high efficiency in the management of soilborne phytopathogens and fungal survival structures. Among its applications, the control of *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of soybean white mold, deserves special attention due to the significant economic losses caused by the disease and the pathogen's ability to survive in the soil through sclerotia. The antagonist acts through different mechanisms, such as mycoparasitism, antibiosis, competition for nutrients and space, and induction of plant resistance, promoting the colonization and degradation of sclerotia and consequently reducing the inoculum potential in the soil. This study addresses the main factors related to the efficiency of *Trichoderma* spp. in the biological control of white mold, emphasizing the most appropriate periods for application, especially during the offseason and early crop stages, as well as management practices that favor its survival and establishment in the soil, including the maintenance of organic matter, the use of plant cover, and conservation systems. In addition, the different physiological responses of species and strains of the genus under low-temperature conditions are discussed, highlighting the existence of cold-tolerant isolates with potential for use in regions and periods with lower temperatures. Therefore, *Trichoderma* spp. presents high potential as a sustainable tool for the integrated management of white mold and other agricultural phytopathogens.

**Keywords:** biological control; diseases; phytopathogens; soybean.

## 1. Introdução

O fitopatógeno *Sclerotinia sclerotiorum* é o agente causal do mofo branco da soja, caracterizado pela formação de estruturas de resistência irregulares e rígidas de coloração escura, denominadas escleródios, os quais podem permanecer viáveis no solo por vários anos, mesmo na ausência de hospedeiros, atuando como importante fonte de inóculo para culturas subsequentes (SEIXAS; MAZARO; REY, 2017).

O uso de antagonistas em lavouras afetadas pelo mofo branco vem se tornando uma ferramenta viável no controle do patógeno. Dentre eles, o gênero *Trichoderma* ganha destaque no cenário mundial, considerados simbiontes de plantas e micoparasitas fúngicos eficazes, apresentando diversas espécies do gênero com aptidão como biofungicidas comerciais (SCHUSTER, SCHOLL, 2010).

Espécies do gênero *Trichoderma* são fungos saprofíticos cosmopolitas, habitantes naturais do solo, pertencentes ao filo Ascomycota, amplamente reconhecidos pelo potencial antagonista frente a fungos fitopatogênicos,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

nematoides e outros microrganismos associados a doenças radiculares (BLASZCZYK et al., 2014; MEDEIROS; BAVIA; SEIXAS, 2022).

Além do potencial antagonista, espécies de *Trichoderma* spp. apresentam elevada capacidade de adaptação ao ambiente edáfico, podendo sobreviver em diferentes condições de temperatura, umidade e disponibilidade de matéria orgânica. Essas características tornam o gênero um importante componente dentro do manejo integrado de doenças, especialmente em sistemas agrícolas que buscam reduzir a dependência de fungicidas químicos e ampliar a sustentabilidade produtiva.

Dessa forma, o presente trabalho aborda os principais aspectos ecológicos e fisiológicos relacionados ao biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* por *Trichoderma* spp., enfatizando seus mecanismos de ação, fatores que favorecem sua sobrevivência e estabelecimento no solo, bem como o desempenho de diferentes espécies e estirpes sob condições de baixas temperaturas. O presente estudo tem como eixo orientador a premissa de que práticas conservacionistas associadas ao uso de *Trichoderma* spp. favorecem o equilíbrio microbiológico do solo, reduzem o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* e potencializam a eficiência do controle biológico em diferentes condições edafoclimáticas.

### 1.1 Objetivo Geral

Discutir os principais fatores relacionados à eficiência de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*, com enfoque na sobrevivência do antagonista no solo, redução de escleródios e aplicação em sistemas de produção de soja.

## 2. Metodologia da Revisão

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa crítica, com enfoque na integração entre aspectos ecológicos, fisiológicos e tecnológicos relacionados ao uso de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science, SciELO, PubMed, Google Scholar, Periódicos CAPES e publicações técnicas da Embrapa, considerando artigos científicos, capítulos de livros, documentos técnicos e trabalhos acadêmicos publicados até o ano de 2024.

Foram utilizados, de forma isolada ou combinada, os seguintes descritores em português e inglês: "*Trichoderma*", "*Sclerotinia sclerotiorum*", "mofo branco", "white mold", "soybean", "biological control", "soil microbiota", "sclerotia", "low temperature", "bioinsumos" e "soil management".

Como critérios de inclusão, foram priorizados estudos relacionados aos mecanismos de ação de *Trichoderma* spp., sobrevivência e persistência no solo, interação com matéria orgânica e cobertura vegetal, formulações comerciais, compatibilidade com manejo integrado e respostas fisiológicas sob diferentes condições ambientais. Foram excluídos estudos sem relação direta com o tema central, trabalhos duplicados e publicações sem informações metodológicas mínimas.

A organização da revisão foi realizada de forma temática, contemplando: biocontrole de *S. sclerotiorum*; fatores que favorecem a sobrevivência de *Trichoderma* spp. no solo; influência de baixas temperaturas sobre o antagonista; e limitações práticas e variabilidade de eficiência dos bioinsumos.

## 3. Revisão da Literatura

### 3.1 BIOCONTROLE DE *Trichoderma* spp. SOBRE MOFO BRANCO DA SOJA

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é o agente causal do mofo branco na cultura da soja, podendo atingir mais de 400 espécies vegetais, dentre elas algodão, tomate, girassol, batata, canola, feijão e soja. É considerado um fungo necrotrófico, pois utiliza os restos culturais para sobreviver, e se caracteriza por apresentar um monociclo, ou seja, completa apenas um ciclo dentro do ciclo da cultura (BOLTON et al., 2006; ANDRADE et al., 2015).

Os sintomas apresentam-se no terço médio da planta, atingindo caule, pecíolos, folhas e vagens. Ocorre o encharcamento do limbo foliar, que evolui para a seca total das folhas; no caule, inicialmente aparecem manchas pardas e moles,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

que progridem para a formação de micélio branco cotonoso, que em pouco tempo progride para a formação de uma massa negra de escleródios (Figura 01) (TROIAN, 2014; ALMEIDA et al. 2005).

Figura 01: Escleródio germinado de *Sclerotinia sclerotiorum* com formação de apotécio sobre a superfície do solo. O apotécio corresponde à estrutura reprodutiva responsável pela produção e liberação de ascósporos, principais propágulos associados à disseminação aérea do patógeno na cultura da soja. Fonte: Autores (2026).

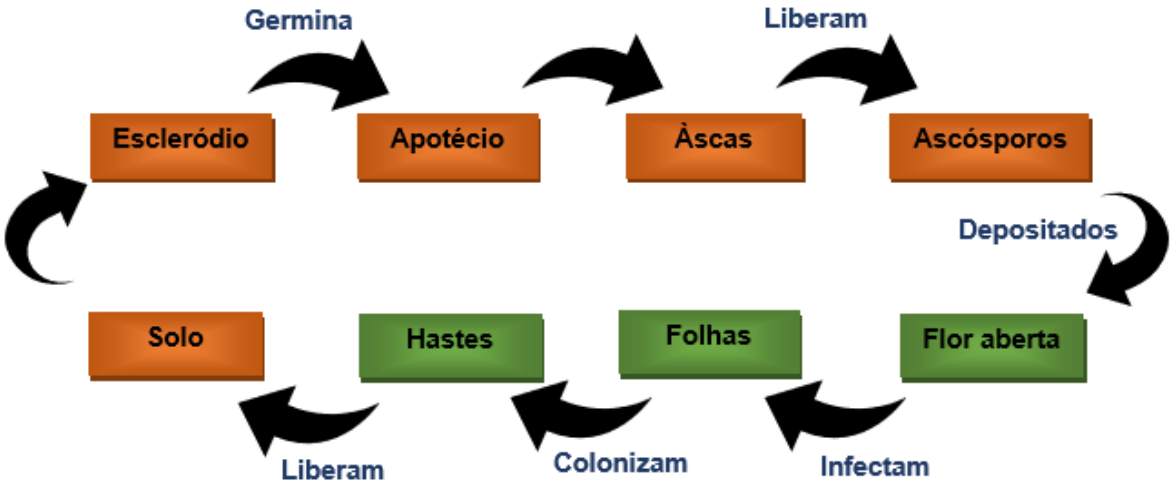


A transmissão inicial do fitopatógeno ocorre por sementes contaminadas, implementos agrícolas e restos culturais, que contenham ascósporos ou escleródios, estruturas de resistência do fungo. os escleródios são estruturas de resistência melanizadas capazes de permanecer viáveis no solo por longos períodos em condições adversas, aguardando condições adequadas para germinação (Figura 02) (SCHWARTZ; STEADMAN, 1989; COLEY-SMITH; COOKE 1971).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

Figura 02: Representação esquemática do monociclo do mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* em soja (*Glycine max*), destacando a sobrevivência do patógeno na forma de escleródios no solo, germinação carpogênica, formação de apotécios, liberação de ascósporos, infecção da planta hospedeira e retorno dos escleródios ao solo ao final do ciclo da doença. Adaptado de Danelli, Brustolin e Reis (2011).




O sistema de semeadura direta é indicado como forma de controle de *S. sclerotiorum*, pois a palhada que cobre o solo, pode inibir a formação de apotécios, servir como uma barreira à disseminação dos ascósporos liberados, além de fornecer um ambiente favorável para o estabelecimento de agentes de biocontrole nativos ou inoculados, como *Trichoderma* spp., visto que para garantir sua eficiência, as mesmas condições de alta umidade no solo, temperatura entre 15-25 °C e baixa incidência de luz, que favorecem a germinação dos escleródios, devem ser mantidas pela presença da cobertura morta (FERGUSON; SHEW, 2001; MEYER, et al. 2019).

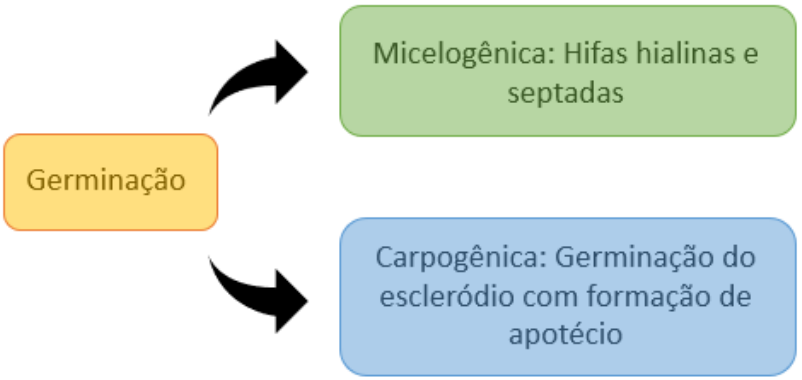
Quanto à germinação destes escleródios, podem se apresentar de duas formas dentro do ciclo biológico da doença, sendo elas a micelogênica: onde ocorre o surgimento de hifas hialinas e septadas com aspecto cotonoso e branco; ou a germinação carpogênica: onde em condições de alta umidade e temperatura entre 10 a 21° C, os escleródios presentes no solo, germinam e formam os apotécios, que é um corpo de frutificação aberto onde fica exposta uma camada de ascos; e armazenado dentro dos ascos, formados por meiose, tem-se os esporos sexuais, denominados ascósporos, os quais são liberados no ambiente, sendo

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

disseminados pelo vento e infectando a planta (ALMEIDA et al., 2005; ALEXOPOULOS, et al. 1996). Um apotécio pode produzir 1.600 ascósporos por apotécio por dia, podendo produzi-los por um período médio de 36 a 168 horas, liberando tanto de dia quanto a noite (CLARKSON et al., 2003).

Figura 03: Formas de germinação dos escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* sob condições ambientais favoráveis. Na germinação micelogênica ocorre emissão direta de hifas e micélio; na germinação carpogênica ocorre a formação de apotécios responsáveis pela produção de ascósporos. Fonte: Autores (2026).




Devido ao elevado número de ascósporos produzidos, sua longa disseminação e sobrevivência dos escleródios, o mofo branco é considerado uma doença de elevada importância econômica e de difícil controle na cultura da soja (GARCIA, 2008).

Dessa forma, o uso combinado de *Trichoderma* spp. associado aos demais manejos na cultura, vem sendo cada vez mais empregado, por apresentar completo modo de ação (competição, antibiose, micoparasitismo e indução de resistência) sobre *S. sclerotiorum*, conseguindo parasitar micélio, escleródio e apotécio do fitopatógeno, além de secretar enzimas hidrolíticas como endoquitinase que rompem a célula do hospedeiro e favorecem o ataque (TROIAN, 2014).

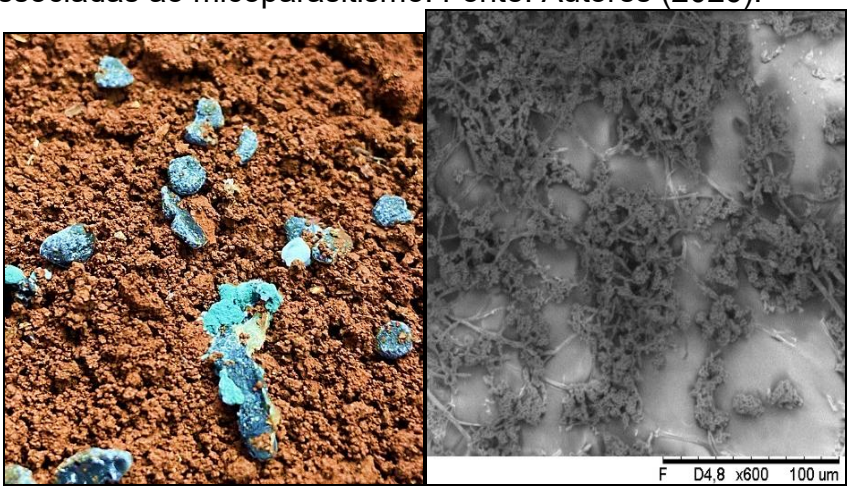
Tendo em vista que a infecção da soja por *S. sclerotiorum* ocorre especialmente através da germinação carpogênica, por meio dos ascósporos, o uso de *Trichoderma* spp. deve ser empregado preventivamente, com vistas a inibir a germinação dos escleródios e reduzir a densidade de inóculo inicial ao longo do tempo, ou seja, deve ser empregado na fase de dormência do fitopatógeno,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

impedindo o prolongamento do ciclo, evitando a germinação e instalação da doença a campo. Portanto, o biocontrole deve ser empregado logo após a colheita, na entressafra, até o período vegetativo da soja na safra posterior, fazendo com que o *Trichoderma* spp. se estabeleça no solo e desempenhe o biocontrole durante todo o ciclo da cultura (Figura 04) (MEYER et al. 2019; MEYER, CAMPOS, LOBO-JUNIOR, 2019; MEYER, MAZARO, GODOY, 2022).

Figura 04: Colonização de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum por Trichoderma koningiopsis*. À esquerda, escleródio colonizado pelo antagonista; à direita, estruturas de hifas e conídios de *T. koningiopsis* observadas em microscopia eletrônica de varredura com aumento de 500×, evidenciando o crescimento micelial e estruturas reprodutivas associadas ao micoparasitismo. Fonte: Autores (2026).




A germinação dos ascósporos é favorecida em períodos de 16 a 48 horas de molhamento foliar, sob temperaturas de 12 a 24 °C. A infecção primária se inicia em estádios suscetíveis da cultura, como no florescimento, através das pétalas de flores, ou folhas em senescência, por demandarem menos energia inicial do que outros tecidos do hospedeiro. Ao colonizarem as pétalas (muitas vezes mortas e presas nas axilas do hospedeiro) garantem energia para que o micélio cresça e colonize outros tecidos saudáveis, ocorrendo a infecção secundária, atingindo caules, folhas e vagens, a colonização é considerada não seletiva. Com o finalizar do processo da doença, os escleródios são formados e podem ser observados tanto por fora da planta, no caule e ramos, juntamente com uma massa branca de micélio, como também podem ser observados no interior. Com a morte da planta,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

há a queda dos escleródios no solo (REIS, et al. 2011; RONALDO, 2015; LINK; JOHNSON, 2007). Os ascósporos além de infestarem tecidos suscetíveis, podem se beneficiar de plantas injuriadas, muitas vezes pela passagem de implementos no local, ou por lesões feitas por outros fitopatógenos (VIEIRA, 1994; ABAWI; GROGAN, 1979).

Estudos apontam que a aplicação de biofungicidas na soja durante a safra 2014/15, nos estádios V2 e V4 reduziram a formação de apotécio em até 89%, sendo que os tratamentos usando bioprodutos à base de *T. harzianum* e *T. asperellum* apresentaram maior porcentagem de colonização de escleródios com uma aplicação, e dois bioprodutos à base de *T. asperellum* após duas aplicações, evidenciando a eficiência do agente no controle biológico de mofo branco (MEYER et al. 2019).

Além da aplicação na entressafra, e nos estádios vegetativos da cultura, o uso de *Trichoderma* spp. no tratamento de sementes é eficiente no controle do mofo branco, além de permanecer associado a rizosfera e acompanhar o desenvolvimento radicular da planta em todo o ciclo da cultura (SILVA et al., 2017; LOUZADA et al., 2009).

Diversos produtos comerciais à base de *Trichoderma* spp. encontram-se registrados no Brasil para o manejo de doenças de solo e estruturas de resistência de fitopatógenos, incluindo espécies como *T. harzianum, T. asperellum e T. atroviride.* Esses produtos podem ser recomendados para aplicação no solo, tratamento de sementes ou parte aérea, variando conforme a formulação, estirpe utilizada e sistema de manejo adotado (BETTIOL et al., 2019).

Embora diversos estudos demonstrem o potencial de *Trichoderma* spp. na redução da germinação de escleródios, formação de apotécios e colonização de *S. sclerotiorum*, os resultados observados variam significativamente em função da estirpe utilizada, formulação do produto, tipo de solo, condições ambientais, disponibilidade de matéria orgânica e pressão de inóculo do patógeno.

Os estudos revisados indicam que a colonização prévia dos escleródios, associada à manutenção da umidade do solo, presença de cobertura vegetal e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

menor revolvimento, constitui um dos principais fatores relacionados ao sucesso do antagonista.

Apesar do elevado potencial de *Trichoderma* spp. no manejo do mofo branco, o uso do antagonista não deve ser considerado uma estratégia isolada de controle. A eficiência do biocontrole tende a ser maior quando integrada a outras práticas de manejo, como rotação de culturas, uso de sementes sadias, redução da densidade de plantas, manejo da irrigação e da palhada, utilização racional de fungicidas e monitoramento do banco de escleródios no solo.

Além disso, fatores como uniformidade de aplicação, viabilidade dos propágulos, compatibilidade com defensivos agrícolas e condições edafoclimáticas influenciam diretamente o desempenho do biofungicida em campo.

## 3.2 COMO FAVORECER A SOBREVIVENCIA DE *Trichoderma* spp. NO SOLO

O maior número de bioprodutos registrados à base de *Trichoderma* spp., são para aplicação no solo, o que favorece a aplicabilidade, pois é o habitat natural do antagonista, e as condições de umidade e temperatura são mais estáveis em comparação à parte aérea. A aplicação de *Trichoderma* spp. para controle de doenças foliares é limitada, pois requer adjuvantes que protejam contra a radiação UV, ainda que algumas espécies, como *T. harzianum e T. stromaticum* sejam mais resistentes as variações ambientais, a maioria das espécies são muito sensíveis a radiação, e um produto confiável deve resistir as condições adversas. Além do uso de adjuvantes, a aplicação em horários mais frescos, a compatibilidade de misturas, e a agitação constante da calda no momento da aplicação são fundamentais. (MEDEIROS, et al. 2019; FERNANDES et al., 2015).

O gênero *Trichoderma* é capaz de metabolizar diferentes fontes de carbono, nitrogênio, ferro e oxigênio disponíveis, o que lhe permite se multiplicar rapidamente na rizosfera. É um fungo saprofítico, encontrado na superfície do solo, serrapilheira ou madeira em decomposição. Pode ser observado em variados tipos de solos, mas a maioria dos isolados é encontrado em solos ácidos e em clima temperado, geralmente associado a raízes e a matéria orgânica morta (MACHADO et al., 2012; MONTE et al., 2019; SAMUELS, 2006).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

Portanto, não só *Trichoderma* spp., mas outros microrganismos benéficos/antagonistas, se beneficiam da manutenção da matéria orgânica do solo, pois garantem sua porosidade, infiltração de água no perfil, resistência aos processos erosivos, aumento do fornecimento de nutrientes e desenvolvimento do sistema radicular de plantas, que em conjunto, auxiliam na conservação da microbiota, garantindo um sistema equilibrado. Logo, a adoção de sistemas que preconizem a matéria orgânica no solo, irão favorecer o estabelecimento de *Trichoderma* spp., como é o caso do plantio direto, que se destaca em comparação ao convencional, pois visa ter cobertura vegetal ou a presença de resíduos vegetais no solo o ano todo, associado ao mínimo revolvimento. Fazendo com que haja maior manutenção da matéria orgânica no ambiente, porquanto sendo o carbono um dos principais componentes da matéria orgânica, seus estoques irão oscilar conforme a adição de resíduos vegetais e da redução em função dos processos erosivos e oxidação pelos microrganismos (PEREIRA et al., 2013).

Em experimento testando o sistema convencional e orgânico do cultivo de morango, sendo no orgânico avaliado diferentes coberturas (amendoim forrageiro, grama esmeralda e palha seca de capim Napier), e no convencional incluindo a cobertura do solo por plástico preto “mulching”, foi avaliado a população de microrganismos antagonistas em três estágios de desenvolvimento do morangueiro, sendo início, frutificação e final da safra (SILVA et al., 2009).

O fungo *Trichoderma* spp. foi encontrado em todos os sistemas de produção (morango convencional com cobertura “mulching”, morango orgânico com cobertura palha capim Napier, grama esmeralda e amendoim forrageiro), mas o tratamento que se teve maior população do antagonista foram amostras com cobertura viva de grama esmeralda, seguida pela cobertura morta de palha de capim-elefante Napier, juntamente com o cultivo “mulching”. A cobertura com capim elefante foi a que apresentou menor amostragem de *Trichoderma* spp. Quanto aos estádios de desenvolvimento da cultura *x* tipos de cobertura de solo, para a cobertura com capim elefante, os maiores picos populacionais de *Trichoderma* spp. se deram no estádio de frutificação, e as menores ocorreram no final da safra, devido a maior exposição do solo e reduzida quantidade de palha na superfície. Já

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

nos demais tratamentos não houve diferença estatística. A autora destaca que a população de *Trichoderma* spp. presente no tratamento com “mulching” se deve a inativação dos demais microrganismos presentes no local, e dessa forma reduzindo a competição. Concluindo, a cobertura do solo com materiais orgânicos favorece a persistência e atividade do agente no solo rizosféricos (SILVA et al., 2009).

Estudos com resíduos radiculares e cobertura morta de capim braquiarão, mostraram o aumento da densidade populacional de *Trichoderma* spp., além de diminuir a curto prazo a população de fitopatógenos de solo, como a *Rhizoctonia solani*. O braquiarão é uma gramínea com alto rendimento de matéria seca, relação C/N, teor de lignina e baixa taxa de decomposição (OLIVEIRA et al., 2016).

Se tratando de sucessão de culturas, alguns trabalhos evidenciam que algumas plantas capacitam o aumento populacional de antagonistas no solo, como o trabalho realizado por Patkowska et al. (2016), em que centeio e mostarda branca apresentaram um efeito positivo na quantidade de bactérias antagônicas como *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp. e do próprio *Trichoderma s*pp.

Aveia, centeio, ervilhaca e phacelia usadas como plantas de cobertura em cultivo de hortaliças também aumentaram a população de bactérias e fungos saprofíticos, entre eles, *Trichoderma* spp. (Patkowska; Konopiński, 2013). De acordo com Patkowska e Konopiński (2011), os cereais assim como o adubo verde e palhada estimulam o desenvolvimento de *Trichoderma* spp. por aumentar o nível de matéria orgânica do solo. Também foi observado o aumento populacional de *Trichoderma* spp. isolados de trigo após o cultivo de brássicas, em comparação com grão de bico ou cereais (KIRKEGAARD et al., 2004).

A composição da microbiota do solo também corresponde altamente ao manejo nutricional que é empregado no solo (disponibilidade de carbono), porém não há muitos estudos sobre quais microrganismos específicos estão envolvidos no uso destes resíduos/matéria orgânica (KONG et al., 2020; HARTMANN et al., 2015).

Kong et al. (2020) ao estudarem a decomposição de resíduos de arroz marcados com $^{13}C$ por microrganismos, em dois sistemas conduzidos com diferentes adubações por três anos, observaram que *Trichoderma* spp. obteve

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

níveis populacionais mais altos na adubação com NPK, do que com a adubação feita com fertilizantes minerais + esterco. Algumas substâncias orgânicas, como polissacarídeos e quitina induziram a secreção de enzimas específicas pelo antagonista, demonstrando que *Trichoderma* spp. é mais competitivo com resíduos de arroz do que outros microrganismos, obtendo uma capacidade superior em absorver e mobilizar nutrientes se comparado a outros gêneros, principalmente em solos pobres nutricionalmente, o que o torna mais competitivo nestes ambientes. *Trichoderma* spp. é comumente encontrado em adubações ricas em matéria orgânica, Jan et al. (2020) encontraram *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma polysporum* e *Trichoderma viride* em abundância associado ao húmus do solo de florestas.

Também se caracteriza por ser um bom competidor na assimilação de ferro, Segarra et al. (2010) verificaram que a competição por Fe é um fator chave na atividade de biocontrole de *Trichoderma asperellum*, pois em solos com níveis do nutriente acima de 10 microM levaram a supressão da síntese de sideróforos (quelantes de Fe) pelo antagonista, inibindo a competição por ferro existente entre ele e *Fusarium oxysporum*. Entretanto, em todas as doses de Fe testadas *T. asperellum* reduziu a população de *F. oxysporum*.

Bai et al. (2020) observaram que a fertilização química a longo prazo em nogueira, levou a um excesso de amônio ($NH_4^+$) que resultou em acidificação do solo e um excesso de fósforo, que reduziu a diversidade fúngica. Enquanto o sistema de cultivo orgânico, levou ao aumento de bactérias benéficas e da população de *Trichoderma* spp. no solo, devido aos maiores teores de matéria orgânica, nitrogênio total e fósforo total.

Em outro trabalho, *Trichoderma* spp. foi utilizado como biofertilizante para pastagens, associado com a aplicação de esterco bovino. A aplicação do antagonista proporcionou o aumento de compostos antifúngicos no solo, capazes de suprimir fitopatógenos, além da associação de *Trichoderma* spp. + esterco bovino aumentarem as populações de gêneros fúngicos *Archaeorhizomyces* e *Trichoderma* e reduzirem a população de *Ophiosphaerella*. Todas as doses combinadas aumentaram a matéria orgânica e estoques de nitrogênio do solo,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

além de se correlacionarem positivamente ao aumento de P disponível e aumento da biomassa das pastagens, (a maior dose resposta foi com a aplicação de 9.000 kg.ha−1 de biofertilizante *Trichoderma*) isso se deve em especial a eficiência de *Trichoderma* spp. em solubilizar fosfato no solo. A matéria orgânica do solo, mais *Trichoderma* spp. e as comunidades fúngicas e bacterianas, influenciaram diretamente a biomassa das pastagens, já a química do solo aumentou indiretamente a comunidade microbiana do solo (ZHANG et al., 2018).

Outro estudo avaliou a capacidade de diferentes estirpes metabolizarem o carbono disponível, havendo grande variação entre as cepas. Dois padrões principais do uso de carbono foram encontrados, espécies solubilizadoras de fosfato e produtoras de celulases e quitinases, foram eficientes na metabolização dos substratos de carbono que continham componentes de açúcar das paredes celulares dos fungos (glicose), e de substratos com celulose ou hemicelulose. Estas espécies são comumente encontradas decompondo material vegetal, o que explica o ocorrido. Já espécies tolerantes a salino-alcalinas ou com atividade limitada para metabolizar celulase e quitinase, e que metabolizaram fontes de carbono simples, apresentaram eficiência reduzida para as mesmas fontes de carbono. Constatando que espécies que produzem altos níveis de celulose em substratos lenhosos e as produtoras de quitinase apresentam papéis micoparasitários, enquanto espécies que promovem o crescimento vegetal, são melhores em absorver o carbono disponível em exsudatos radiculares (WANG; ZHUANG, 2020).

Uke et al., (2021) também observaram que a deposição de resíduos de fibra de dendezeiros que são descartados em plantações após a extração o óleo, mais a adição de bagaço de cana, aumentaram a população de *Trichoderma* spp., pelo mesmo motivo de estar ligado a degradação da lignocelulose. Zhu et al. (2021) também observaram que durante a compostagem de esterco bovino + palhada de arroz, houve aumento populacional de *Trichoderma* spp. promovendo a degradação da celulose na fase termófila da compostagem.

Quanto as formulações, *Trichoderma* spp. pode produzir estruturas de resistência como clamidósporos e microescleródios, podendo desta forma

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

sobreviver em condições adversas, porém esta produção é muito baixa e pouco explorada no Brasil. Normalmente são utilizadas unidades como: conídios por g, conídios por mL, conídios viáveis por g ou por mL, unidades formadoras de colônias por g ou unidades formadoras de colônias por mL. Sendo utilizadas formulações como WP: pó-molhável, WG: grânulos dispersíveis, SC: suspensão concentrada se EC: concentrado emulsionável. A maioria destes produtos tem recomendação para aplicação terrestre para controle de fitopatógenos de solo ou estruturas de resistência, porém existem alguns que são aplicados no tratamento de sementes ou parte aérea (MONTE et al., 2019; PINTO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2019; MASCARIN et al., 2019).

A produção industrial de *Trichoderma* é realizada através de diferentes tipos de fermentação. Na fermentação sólida, são utilizados substratos de cereais, como arroz, para a produção de conídios. A fermentação líquida submersa, diferentemente da sólida que produz apenas conídios aéreos e micélio, na líquida se obtém diferentes propágulos, entre eles: conídios submersos, micélio, microescleródios e clamidósporos (MASCARIN et al., 2019)

O micélio embora tenha um curto período de fermentação para que seja produzido, acaba não suportando a etapa de secagem do produto, o mesmo ocorre para os clamidósporos, mesmo este sendo mais estável. Dessa forma, os conídios são mais tolerantes as condições ambientais adversas tanto na formulação do produto, quanto no solo (VERMA, 2007).

A microencapsulação, consiste em revestir os conídios, promovendo uma barreira de proteção quando a fatores externos, e podem aumentar a sobrevivência de conídios e a vida útil de formulados, como a microencapsulação de conídios com sacarose, melaço ou glicerol (JIN; CUSTIS, 2011).

Estudo recente apresenta a microencapsulação de esporos de *Trichoderma harzianum* com nanocristais de celulose e um nanocomposto de carboximetilcelulose. Esta encapsulação favoreceu o crescimento do fungo mesmo após 10 dias de armazenamento em temperatura ambiente, o que se deve a presença de esporos distribuídos internamente, bem como a fonte extra de carbono vinda da carboximetilcelulose (BRONDI et al. 2022).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

Pellets de conídios tendem a ser mais resistentes do que as formulações líquidas, pois estas estão sujeitas a dessecação. A adição de glicerol na formulação em pó adicionou mais seis meses a vida útil do produto, outra adição com quitina aumentou em mais dois meses a vida útil de formulados (SRIRAM et al., 2010 e 2011).

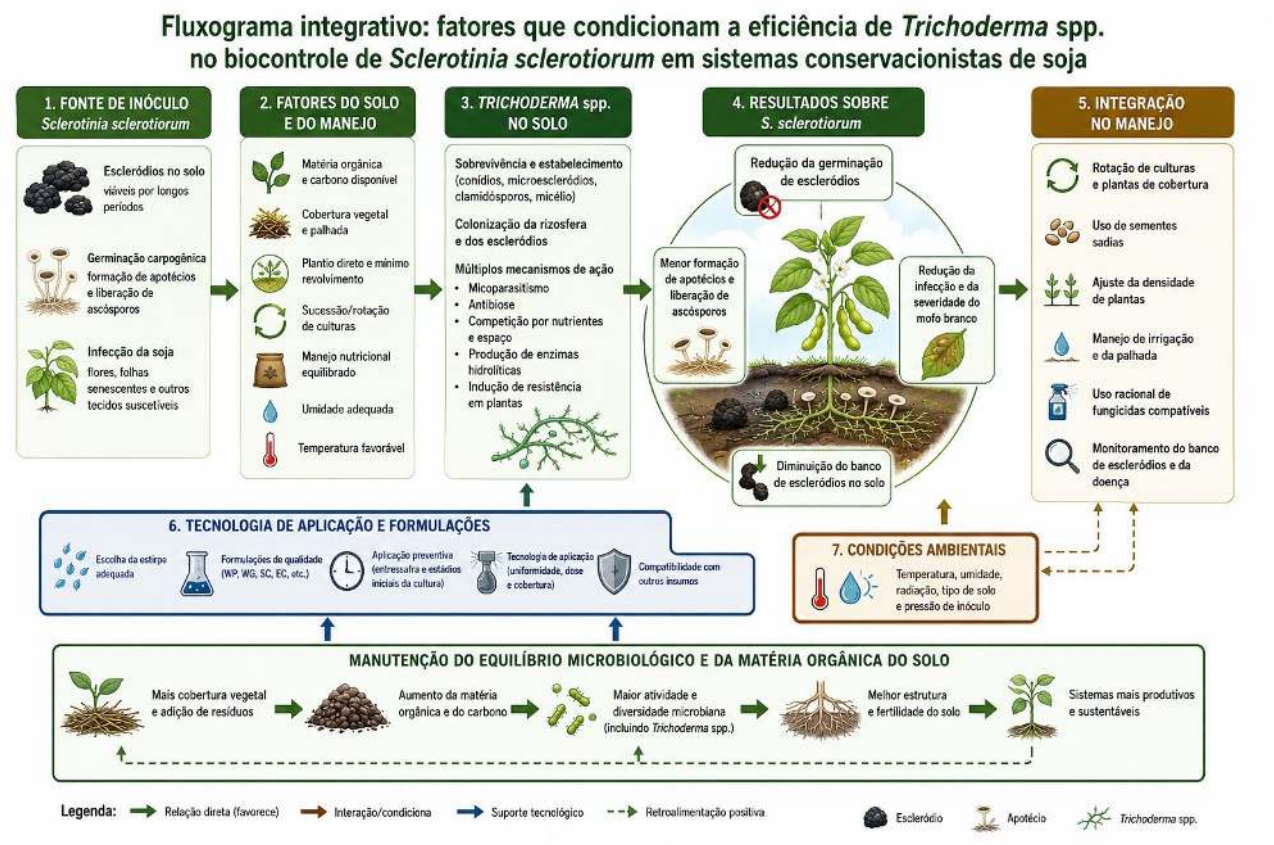
A adição de grânulos de celulose junto à formulação com biomassa de clamidósporos potencializou o crescimento de *Trichoderma hamatum* (LEWIS; LARKIN; ROGERS, 2007). Kobori et al. (2015) apresentaram a formulação de conídios e microescleródios submersos por *Trichoderma harzianum* em fermentação de cultura líquida com adição de caroço de algodão + glicose, apontando que para meios líquidos com maior concentração de carbono (36 g/L) ocorre formação de microescleródios submersos em todas as relações C:N em estudo. A formação do agregado de hifas (microescleródio) levou dois dias, sendo que após sete já estavam melanizadas.

Dessa forma, a eficiência de *Trichoderma* spp. no manejo do mofo branco depende da interação entre fatores edáficos, ecológicos, tecnológicos e de manejo, os quais influenciam diretamente a sobrevivência do antagonista, a colonização dos escleródios e a redução do potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo (Figura 05).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

Figura 05. Modelo conceitual integrando fatores ecológicos, edáficos, fisiológicos e tecnológicos relacionados à sobrevivência de *Trichoderma* spp. no solo e à redução do potencial de inóculo de *Sclerotinia sclerotiorum* em sistemas conservacionistas de produção de soja. Fonte: Autores (2026), elaborada com auxílio do ChatGPT (OpenAI).




Embora os produtos biológicos à base de *Trichoderma* spp. apresentem elevado potencial agronômico, sua eficiência em campo pode variar consideravelmente em função de fatores relacionados à qualidade industrial, formulação, armazenamento, tecnologia de aplicação e condições ambientais.

A viabilidade dos propágulos pode ser reduzida por exposição à radiação ultravioleta, temperaturas elevadas, baixa umidade e incompatibilidade com determinados defensivos agrícolas, especialmente fungicidas não seletivos. Além disso, diferenças entre espécies e estirpes influenciam diretamente a capacidade de colonização, sobrevivência e antagonismo sobre o patógeno-alvo.

Outro fator relevante refere-se à estabilidade dos produtos comerciais durante o armazenamento e transporte, uma vez que concentrações inadequadas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

de propágulos viáveis podem comprometer o estabelecimento do antagonista no solo e reduzir a eficiência do biocontrole. Dessa forma, o potencial biológico observado em condições laboratoriais nem sempre se traduz integralmente em eficiência agronômica sob condições de campo.

Assim, programas de manejo integrado que utilizem *Trichoderma* spp. devem considerar não apenas o potencial antagonista do microrganismo, mas também aspectos relacionados à qualidade do formulado, compatibilidade com outros insumos e adequação das condições de aplicação.

Além de que a compatibilidade entre produtos à base de *Trichoderma* spp. e fungicidas utilizados na cultura da soja também deve ser considerada em programas de manejo integrado. Alguns ingredientes ativos podem reduzir a viabilidade dos propágulos do antagonista, comprometendo sua persistência no solo e eficiência de colonização. Dessa forma, recomenda-se respeitar intervalos adequados entre aplicações químicas e biológicas, bem como priorizar produtos com seletividade comprovada para o uso associado ao controle biológico.

## 3.3 EFICIÊNCIA DO GÊNERO *Trichoderma* SOB BAIXAS TEMPERATURAS

A maioria das espécies de *Trichoderma* spp. são consideradas mesófilas, não tendo crescimento ideal em baixas temperaturas, porém a temperatura ótima varia conforme a espécie. Em estudo, 360 estirpes do antagonista foram testadas quanto a resistência ao frio, destas, 13 espécies cresceram em meio de cultura à 5°C, a maioria dos isolados eram da espécie *T. viride* (KREDIKS, 2003).

Outro estudo aponta que *T. afroharzianum* e *T. atroviride* apresentaram melhor crescimento e colonização de plantas de tomate em 25°C e 20°C, respectivamente (LELIO et al. 2021). Para *T. harzianum* e *T. viride a* temperatura ótima encontrou-se entre 25-40°C e para *T. asperellum e T. hamatum*, na faixa de 25-35°C (ZEHRA, 2017). Para Widden e Hsu (1987), *T. polysporum* e *T. viride* competiram melhor em crescimento na serrapilheira de pinus sob baixa temperatura, numa faixa de 5-15°C, já *T. hamatum* e *T. konigii* competiram melhor em temperaturas mais elevadas (20-25°C).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

Em amostras de solo de florestas tropicais de alta altitude no Himalaia, foram isoladas três espécies de *Trichoderma* spp. sendo eles, *T. harzianum, T. koningii* e *T. viride,* os quais apresentaram crescimento entre 9-35°C, sendo considerada ótima, a temperatura de 24°C, porém conseguindo esporular mesmo submetido em condições de baixíssima temperatura, como na de 4°C (GHILDIYAL; PANDEY, 2008).

Tem-se utilizado cepas de *Trichoderma* spp. a fim de associá-las com plantas, para induzir mudanças em condições de estresse bióticos ou abióticos, como é o caso do uso do antagonista na indução de mecanismos de resistência a seca em plantas de milho (GOULART; BONONI; MELO, 2019). Da mesma forma, em estudo realizado no Irã, foi verificado que uma cepa de *T. harzianum* associados as raízes de tomate, aumentou a tolerância ao frio (na temperatura de 8°C) através da comunicação molecular, melhorando também o crescimento, fotossíntese, conteúdo de prolina, entre outros fatores (GHORBANPOUR et al. 2018).

Outra cepa de *Trichoderma* spp. foi encontrada no solo do Ártico (ilha de Spitsbergen) com a capacidade de degradar bioplásticos (URBANEK et al. 2017).

Pesquisas mostram a eficiência de estirpes de *Trichoderma* spp. no controle de doenças ocasionadas em estações frias (outono e inverno). Como no cultivo de plantas do gênero *Allium*. Bontempo (2016) testou 44 isolados de *Trichoderma* spp. com o objetivo de usá-los no controle de *Sclerotium cepivorum*, destes, 12 foram selecionados pois cresceram a 11°C, três destes reduziram em mais de 80% a germinação de escleródios. Tronsmo e Ystaas (1980) apud Sanhueza e Bartnicki (2019) utilizaram um isolado de *T. harzianum* tolerante a baixas temperaturas para controlar *Botrytis cinerea* em maçã, tornando possível a colonização de flores e frutos da planta, exercendo seu potencial de controle biológico.

Hjeljord e Tronsmo (1998) controlaram a podridão-olho-de-boi na pós-colheita da maçã, utilizando *T. harzianum* pulverizado na pré-colheita, reduzindo em até 91% a doença.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

O produto comercial Plant Helper (AmPac Biotech) com registro nos Estados Unidos, foi elaborado utilizando uma cepa de *Trichoderma atroviride* isolada no Alaska, e, portanto, tolerante ao frio, usado no controle biológico de *Microdochium nivale, Myriosclerina borealis* e *Pythium* sp. (Bettiol et al., 2019).

Portanto, embora a maioria das estirpes de *Trichoderma* spp. conhecidas sejam mesófilas e tenham seu potencial maximizado nessas temperaturas, como pôde ser observado, algumas estirpes são tolerantes ao frio e podem, mediante estudos científicos, serem integradas no controle biológico de doenças ocasionadas por fitopatógenos de ocorrência em baixa temperatura.

## 4. Considerações Finais

O uso de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* representa uma alternativa sustentável e promissora para o manejo do mofo branco da soja. O antagonista apresenta múltiplos mecanismos de ação, como micoparasitismo, antibiose, competição por nutrientes e espaço, além da indução de resistência em plantas, possibilitando a redução da densidade de inóculo do patógeno no solo e contribuindo para o equilíbrio microbiológico do ambiente agrícola.

A eficiência de *Trichoderma* spp. está diretamente relacionada às condições ambientais e às práticas de manejo adotadas, especialmente aquelas voltadas à conservação da matéria orgânica, manutenção da cobertura vegetal e redução do revolvimento do solo, fatores que favorecem sua sobrevivência, estabelecimento e atividade biológica. Além disso, a aplicação preventiva, principalmente na entressafra e nos estádios iniciais da cultura, mostra-se fundamental para maximizar o potencial de biocontrole do antagonista.

Embora a maioria das espécies do gênero apresente melhor desenvolvimento em temperaturas mesofílicas, diversos estudos demonstram a existência de estirpes tolerantes ao frio, capazes de manter crescimento, esporulação e atividade antagonista em condições de baixas temperaturas. Esses resultados ampliam as perspectivas de utilização de Trichoderma spp. em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

diferentes regiões e sistemas de cultivo, inclusive em períodos de menor temperatura.

Dessa forma, *Trichoderma* spp. consolida-se como importante ferramenta dentro do manejo integrado do mofo branco, especialmente em sistemas conservacionistas de produção. Entretanto, a eficiência do biocontrole depende diretamente da interação entre estirpe utilizada, formulação, condições ambientais, manejo do solo, tecnologia de aplicação e integração com outras estratégias de controle.

Embora os estudos revisados demonstrem resultados promissores na redução do potencial de inóculo de *S. sclerotiorum,* ainda existem lacunas relacionadas à persistência das estirpes em campo, compatibilidade com defensivos agrícolas e estabilidade dos produtos comerciais em diferentes condições edafoclimáticas. Assim, novos estudos são necessários para ampliar a previsibilidade e a consistência agronômica do uso de bioinsumos à base de *Trichoderma* spp. em sistemas de produção de soja.

## Referências

ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* spp. *Phytopathology*, v. 69, p. 899-904, 1979.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4. ed. Canada: John Wiley & Sons, 1996. 868 p.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. *Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas*. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2.

ANDRADE, C. M.; TINOCO, M. L. P.; RIETH, A. F.; MAIA, F. C. O.; ARAGÃO, F. J. L. Host-induced gene silencing in the necrotrophic fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. 2015. DOI: https://doi.org/10.1111/ppa.12447.

BAI, Y. C.; CHANG, Y. Y.; HUSSAIN, M.; LU, B.; ZHANG, J. P.; SONG, X. B.; LEI, X. S.; PEI, D. Soil chemical and microbiological properties are changed by long-term chemical fertilizers that limit ecosystem functioning. *Microorganisms*, v. 8, n. 5, p. 694, 2020. DOI: 10.3390/microorganisms8050694.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

BETTIOL, W.; PINTO, Z. V.; SILVA, J. C.; FORNER, C.; FARIA, M. R.; PACIFICO, M. G.; COSTA, L. S. A. S. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

BLASZCZYK, L.; SIWULSKI, M.; SOBIERALSKI, K.; LISIECKA, J.; JĘDRYCZKA, M. *Trichoderma* spp.—Application and prospects for use in organic farming and industry. *Journal of Plant Protection Research*, v. 54, p. 309-317, 2014. DOI: 10.2478/jppr-2014-0047.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, v. 7, p. 1-16, 2006.

BONTEMPO, A. F. *Seleção in vitro de isolados de Trichoderma spp. e Bacillus spp. em baixa temperatura de crescimento para o controle de Sclerotium cepivorum*. 2016. 22 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2016.

BORGES CHAGAS, L. F.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; RODRIGUES DE CARVALHO, M.; DE OLIVEIRA MILLER, L.; OROZCO COLONIA, B. S. Evaluation of the phosphate solubilization potential of *Trichoderma* strains (Trichoplus JCO) and effects on rice biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 15, n. 3, p. 794-804, 2015. DOI: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000054.

BRONDI, M.; FLORENCIO, C.; MATTOSO, L.; RIBEIRO, C.; FARINAS, C. Encapsulation of *Trichoderma harzianum* with nanocellulose/carboxymethyl cellulose nanocomposite. *Carbohydrate Polymers*, v. 295, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119876.

CLARKSON, J. P.; STAVELEY, J.; PHELPS, K.; YOUNG, C. S.; WHIPPS, J. M. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycological Research*, v. 107, n. 2, p. 213-222, 2003.

COLEY-SMITH, J. R.; COOKE, R. C. Survival and germination of fungal sclerotia. *Annual Review of Phytopathology*, v. 9, p. 65-92, 1971.

DI LELIO, I.; COPPOLA, M.; COMITE, E.; MOLISSO, D.; LORITO, M.; WOO, S. L.; PENNACCHIO, F.; RAO, R.; DIGILIO, M. C. Temperature differentially influences the capacity of *Trichoderma* species to induce plant defense responses in tomato against insect pests. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 678830, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.678830.

FERGUSON, L. M.; SHEW, B. B. Wheat straw mulch and its impacts on three soilborne pathogens of peanut in microplots. *Plant Disease*, v. 85, p. 661-667, 2001.

FERNANDES, É. K.; RANGEL, D. E.; BRAGA, G. U.; ROBERTS, D. W. Tolerance of entomopathogenic fungi to ultraviolet radiation: a review on screening of strains and their formulation. *Current Genetics*, v. 61, n. 3, p. 427-440, 2015.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

GAJERA, H.; DOMADIYA, R.; PATEL, S.; KAPOPARA, M.; GOLAKIYA, B. Molecular mechanism of *Trichoderma* as bio-control agents against phytopathogen system—A review. *Current Research in Microbiology and Biotechnology*, 2013.

GARCIA, R. A. *Produção de inóculo, efeito de extratos vegetais e de fungicidas e reação de genótipos da soja a Sclerotinia sclerotiorum*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

GHILDIYAL, A.; PANDEY, A. Isolamento de cepas antifúngicas tolerantes ao frio de *Trichoderma* sp. de locais glaciais da região indiana do Himalaia. *Journal of Microbiology Research*, p. 559-564, 2008.

GHORBANPOUR, A.; SALIMI, A.; GHANBARY, M. A. T.; PIRDASHTI, H.; DEHESTANI, A. Efeito de *Trichoderma harzianum* na mitigação do estresse por baixa temperatura em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 230, p. 134-141, 2018.

GOULART, A. P.; BONONI, L.; MELO, I. S. *Bioprospecção de Trichoderma spp. osmotolerantes para promoção de crescimento de plantas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019.

HARTMANN, M.; FREY, B.; MAYER, J.; MÄDER, P.; WIDMER, F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME Journal*, v. 9, n. 5, p. 1177-1194, 2015. DOI: 10.1038/ismej.2014.210.

HJELJORD, L.; TRONSMO, A. *Trichoderma and Gliocladium in biological control*. Boca Raton: CRC Press, 1998.

JAN, U.; FEIWEN, R.; MASOOD, J.; CHUN, S. C. Characterization of soil microorganism from humus and indigenous microorganism amendments. *Mycobiology*, v. 48, n. 5, p. 392-398, 2020. DOI: 10.1080/12298093.2020.1816154.

KIRKEGAARD, J. A.; SIMPFENDORFER, S.; HOLLAND, J.; BAMBACH, R.; MOORE, K. J.; REBETZKE, G. J. Effect of previous crops on crown rot and yield of durum and bread wheat in northern NSW. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 55, p. 321-334, 2004. DOI: 10.1071/AR03178.

KOBORI, N.; MOURA, M. G.; JACKSON, M.; SCHISLER, D. Liquid culture production of microsclerotia and submerged conidia by *Trichoderma harzianum* active against damping-off disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Fungal Biology*, 2015. DOI: 10.1016/j.funbio.2014.12.005.

KONG, Y.; KUZYAKOV, Y.; RUAN, Y.; ZHANG, J.; WANG, T.; WANG, M.; GUO, S.; SHEN, Q.; LING, N. DNA stable-isotope probing delineates carbon flows from rice residues into soil microbial communities depending on fertilization. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 86, n. 7, 2020. DOI: 10.1128/AEM.02151-19.

KREDICS, L. Influence of environmental parameters on *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Food Technology and Biotechnology*, v. 41, n. 1, p. 37-42, 2003.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

LEWIS, J. A.; LARKIN, R. P.; ROGERS, D. L. A formulation of *Trichoderma* and *Gliocladium* to reduce damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and saprophytic growth of the pathogen in soilless mix. *Plant Disease*, 1998. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.5.501.

LINK, V. H.; JOHNSON, K. B. White mold. *The Plant Health Instructor*, 2007. DOI: 10.1094/PHI-I-2007-0809-01.

LOUZADA, G. A. S.; CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; MARTINS, I.; BRAÚNA, L. M. Potencial antagônico de *Trichoderma* spp. originários de diferentes agroecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 3, p. 145-149, 2009.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; DA 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. DOI: https://doi.org/10.19084/rca.16182.

MASCARIN, G. M.; MATSUMURA, A. T. S.; WEILER, C. A.; KOBORI, N. N.; SILVA, M. E.; BERLITZ, D. L.; MATSUMURA, A. S. Produção industrial de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.

MEDEIROS, F. H. V.; GUIMARÃES, R. A.; PEREIRA, J. C.; MAGALHÃES, V. C.; SOUZA, J. T. *Trichoderma*: interações e estratégias. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; GODOY, C. V. Controle biológico de mofo-branco na cultura da soja. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. *Bioinsumos na cultura da soja*. Brasília, DF: Embrapa, 2022.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOBO JÚNIOR, M. Avaliação a campo de *Trichoderma* em mofo-branco. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; NUNES JUNIOR, J.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; JACCOUD FILHO, D. S.; JULIATTI, F. C.; MARTINS, M. C.; VENANCIO, W. S.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; DIAS, A. R.; BORGES, E. P.; ITO, M. F. Mofo-branco em soja – ensaios cooperativos. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; FERREIRA, E. P. B.; KLUTHCOUSKI, J.; LOBO JÚNIOR, M. Response of soil fungi and biological processes to crop residues in no-tillage system. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 46, n. 1, p. 57-64, 2016.

PATKOWSKA, M.; BŁAŻEWICZ-WOŹNIAK, M.; KONOPIŃSKI, M.; WACH, D. The effect of cover crops on the fungal and bacterial communities in the soil under carrot cultivation. *Plant, Soil and Environment*, v. 62, n. 5, p. 237-242, 2016. DOI: 10.17221/117/2016-PSE.

PATKOWSKA, E.; KONOPIŃSKI, M. Effect of cover crops on the microorganisms communities in the soil under scorzonera cultivation. *Plant, Soil and Environment*, v. 59, p. 460-464, 2013.

PATKOWSKA, E.; KONOPIŃSKI, M. Cover crops and soil-borne fungi dangerous towards the cultivation of salsify (*Tragopogon porrifolius* var. *sativus*). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, v. 10, p. 167-181, 2011.

PEREIRA, M. F.; NOVO-JUNIOR, J.; SÁ, J. R.; LINHARES, P. C. F.; BEZERRA-NETO, F.; PINTO, J. R. S. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. v. 9, n. 2, p. 21-32, 2013.

PINTO, Z. V.; WEILER, C. A.; MORANDI, M. A. B.; LUCON, C. M. M.; BETTIOL, W. Controle de qualidade de produtos biológicos à base de fungos. In: MEDEIROS, F. H. V.; SILVA JÚNIOR, M. B.; PEREIRA, P. F.; CARDOSO, A. M. S.; FARIA, A. F.; GADAGA, S. J. C.; LIMA, P. P.; JULIATTI, B. C. M.; LUZ, A. L. F.; SANTOS, G. S.; NICOLLI, C. P. (Eds.). *Controle biológico de doenças de plantas: integrando técnicas para entregar resultados*. Lavras: UFLA, 2016. p. 103-122.

REIS, E. M.; BRUSTOLIN, R.; DANELLI, A. A.; CASA, R. T. Ciclo do mofo branco. *Revista Plantio Direto*, mar./abr. 2011.

DALIO, R. J. D.; LUZ, E. D. M. N.; FURTADO, E. L.; JULIATTI, F. C.; ZERBINI, F. M.; RESENDE, M. L. V.; MACHADO, M. A.; PASCHOLATI, S. F. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*. v. 23. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2015. p. 159-194.

SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: systematics, the sexual state, and ecology. *Phytopathology*, v. 96, p. 195-206, 2006.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. White mold. In: SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M. A. (Eds.). *Bean Production Problems in the Tropics*. 2. ed. Cali, Colombia: CIAT, 1989. p. 211-230.

SEGARRA, G.; CASANOVA, E.; AVILÉS, M.; TRILLAS, I. *Trichoderma asperellum* strain T34 controls *Fusarium* wilt disease in tomato plants in soilless culture through competition for iron. *Microbial Ecology*, v. 59, n. 1, p. 141-149, 2010. DOI: 10.1007/s00248-009-9545-5.

SILVA, F. F.; CASTRO, E. M.; MOREIRA, S. I.; FERREIRA, T. C.; LIMA, A. E.; ALVES, E. Emergence and ultrastructural analysis of soybean seedlings inoculated

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

with *Sclerotinia sclerotiorum* under the effect of *Trichoderma harzianum* application. *Summa Phytopathologica*, v. 43, n. 1, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-5405/2212.

SILVA, K. F. A. S.; MICHEREFF-FILHO, M.; SILVA, J. B. T.; MARTINS, I.; ISAIAS, C. O.; RESENDE, F. V.; LIZ, R. S.; BARBOZA, E. A.; MELLO, S. C. M. Dinâmica populacional de fungos benéficos em solos nos sistemas de cultivo convencional e orgânico de morangueiro. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009.

SCHUSTER, A.; SCHMOLL, M. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 87, n. 3, p. 787-799, 2010. DOI: 10.1007/s00253-010-2632-1.

SEIXAS, C. D. S.; MAZARO, S. M.; REY, M. S. Sistemas de produção de soja orgânica. In: MAZARO, S. M. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2017.

SRIRAM, S.; PALANNA, K. B.; RAMANUJAM, B. Effect of chitin on the shelf-life of *Trichoderma harzianum* in talc formulation. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v. 80, p. 930-932, 2010.

SRIRAM, S.; ROOPA, K. P.; SAVITHA, M. J. Extended shelf-life of liquid fermentation derived talc formulations of *Trichoderma harzianum* with the addition of glycerol in the production medium. *Crop Protection*, v. 30, p. 1334-1339, 2011.

TROIAN, R. F. *Análise do secretoma da interação entre Trichoderma harzianum e os estágios de desenvolvimento do fitopatógeno Sclerotinia sclerotiorum*. Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

TRONSMO; YSTAAS. APUD SANHUEZA; BARTNICKI. Uso do *Trichoderma* na cultura da maçã. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.

TYŚKIEWICZ, R.; NOWAK, A.; OZIMEK, E.; JAROSZUK-ŚCISEŁ, J. *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 4, p. 2329, 2022. DOI: 10.3390/ijms23042329.

UKE, A.; NAKAZONO-NAGAOKA, E.; CHUAH, J. A.; ZAIN, N. A.; AMIR, H. G.; SUDESH, K.; ABIDIN, N. Z. H. A. Z.; HASHIM, Z.; KOSUGI, A. Effect of decomposing oil palm trunk fibers on plant growth and soil microbial community composition. *Journal of Environmental Management*, v. 295, p. 113050, 2021. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113050.

URBANEK, A. K.; RYMOWICZ, W.; STRZELECKI, M. C.; KOCIUBA, W.; FRANCZAK, Ł.; MIROŃCZUK, A. M. Isolation and characterization of Arctic microorganisms decomposing bioplastics. *AMB Express*, v. 7, n. 148, 2017. DOI: 10.1186/s13568-017-0448-4.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
**Vol**: 13.10
**DOI**: 10.66104/wsddga47
**Pages:** 1-27

VERMA, M.; BRAR, S. K.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. N.; VALERO, J. R. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, v. 37, n. 1, p. 1-20, 2007.

VIEIRA, R. Mofo branco no feijoeiro – feijão no inverno. *Informe EPAMIG*, Belo Horizonte, v. 17, 1994.

WANG, C.; ZHUANG, W. Y. Carbon metabolic profiling of *Trichoderma* strains provides insight into potential ecological niches. *Mycologia*, v. 112, n. 2, p. 213-223, 2020. DOI: 10.1080/00275514.2019.1698246.

WIDDEN, P.; HSU, D. Competition between *Trichoderma* species: effects of temperature and litter type. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, n. 1, p. 89-93, 1987.

ZEHRA, A.; DUBEY, M. K.; MEENA, M.; UPADHYAY, R. S. Effect of different environmental conditions on growth and sporulation of some *Trichoderma* species. *Journal of Environmental Biology*, 2017.

ZHANG, F.; HUO, Y.; COBB, A. B.; LUO, G.; ZHOU, J.; YANG, G.; WILSON, G. W. T.; ZHANG, Y. *Trichoderma* biofertilizer links to altered soil chemistry, altered microbial communities, and improved grassland biomass. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 848, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00848.

ZHU, N.; ZHU, Y.; KAN, Z.; LI, B.; CAO, Y.; JIN, H. Effects of two-stage microbial inoculation on organic carbon turnover and fungal community succession during co-composting of cattle manure and rice straw. *Bioresource Technology*, v. 341, p. 125842, 2021. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.125842.