



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



AMANDA CAROLINE NASCIMENTO DOS SANTOS

***Trichoderma* spp. para o controle biológico de fitopatógenos.**

**RIO LARGO – ALAGOAS**

**2022**

AMANDA CAROLINE NASCIMENTO DOS SANTOS

***Trichoderma* spp. para no controle biológico de fitopatógenos.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Federal de  
Alagoas, como parte das exigências para a  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Tania  
Marta Carvalho Dos Santos

**RIO LARGO – ALAGOAS**

**2022**

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237t Santos, Amanda Caroline Nascimento dos.

*Trichoderma* spp. para o controle biológico de fitopatógenos. / Amanda Caroline Nascimento dos Santos. – 2022.

24f.: il.

Orientador(a): Tania Marta Carvalho dos Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2022.

Inclui bibliografia

1. Biocontrole. 2. Polifago. 3. Fitopatógenos. I. Título.

CDU: 581.2


# FOLHA DE APROVAÇÃO

**Amanda Caroline Nascimento dos Santos**

***Trichoderma* spp. para no controle biológico de fitopatógeno**

Aprovada em 21 de julho de

2022. Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente  
TANIA MARTA CARVALHO DOS SANTOS  
Data: 28/07/2022 21:29:47-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof<sup>a</sup> Dra<sup>a</sup> Tania Marta Carvalho dos Santos (Orientadora-  
CECA/UFAL)



---

Prof<sup>a</sup> Dra<sup>a</sup> Yamina Coentro Montaldo (CECA/UFAL)



Prof. Dr. João Manoel da Silva (UESPI)

RIO LARGO, AL  
2022

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, que foram de suma importância para que eu pudesse chegar até aqui.

Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.

Josué 1:9

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, ao meu irmão, e amigos que me incentivaram nos momentos difíceis ao longo dessa jornada.

Aos professores, em especial a professora Dr. Tânia Marta Carvalho dos Santos pela oportunidade, paciência, dedicação e ajuda. A professora Dr. Yamina Coentro Montaldo por toda ajuda e paciência, e aos membros do laboratório de microbiologia geral do CECA.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO .....	10
3. CRESCIMENTO ESPORULAÇÃO E GERMINAÇÃO .....	12
4. MECANISMOS DE AÇÃO DO TRICHODERMA .....	14
4.1 MICOPARASITISMO .....	14
4.2 ANTIBIOSE .....	15
4.3 INTERAÇÕES .....	17
5. PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS .....	18
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
7. CONCLUSÃO .....	21
8. BIBLIOGRAFIA.....	22

SANTOS, A.C.N. *Trichoderma* spp. para no controle biológico de fitopatógenos. Rio Largo: CECA/UFAL, 2022, 22 p. (Trabalho de Conclusão de Curso)

### RESUMO

O cultivo de *Trichoderma* spp. no Brasil e no mundo vem se consolidando como uma alternativa biotecnológica, principalmente no desenvolvimento de técnicas de controle biológicos, ou seja, desempenhar um mecanismo natural de combate a a fitopatógenos em culturas. Fungos, como o *trichoderma* spp. podem ajudar a solucionar problemas ambientais, ao reutilizar os vários tipos de resíduos de diversas atividades industriais e agroindustriais que seriam depositados no solo. À medida que agrega valor a esse tipo de tecnologia, estes fungos se sobressaem em relação a outros, quando se trata de cultivo realizado em locais de clima tropical e subtropical, por possuírem características próprias desse tipo de clima. O cultivo do *trichoderma* spp. pode ser realizado em diversos resíduos agrícolas, com as mais diferentes técnicas, uma vez que tem a capacidade de se desenvolver em uma ampla variação de temperatura, sendo este um micro-organismo polífago.

**Palavras - chave:** Biocontrole, polífago, fitopatógenos.



## ABSTRACT

The cultivation of *Trichoderma* spp. in Brazil and in the world it has been consolidating itself as a biotechnological alternative, mainly in the development of biological control techniques, that is, to play a natural mechanism to combat phytopathogens in crops. Fungi, such as *Trichoderma* spp. can help to solve environmental problems, by reusing the various types of waste from various industrial and agro-industrial activities that would be deposited in the soil. As it adds value to this type of technology, these fungi stand out in relation to others, when it comes to cultivation carried out in tropical and subtropical climates, as they have their own characteristics of this type of climate. The cultivation of *Trichoderma* spp. can be carried out in different agricultural residues, with the most different techniques, since it has the ability to develop in a wide range of temperature, which is a polyphagous microorganism.

**Keywords:** Biocontrol, polyphage, phytopathogens.

## 1. INTRODUÇÃO

*Trichoderma* compreende o gênero de fungos ascomicetos filamentosos que estão entre os micro-organismos do solo mais frequentemente isolados. Este grupo de micro-organismos é caracterizado por seu crescimento rápido e pela adaptação a diversos ambientes, podendo sobreviver mesmo em condições de crescimento desfavoráveis.

*Trichoderma* está localizado taxonomicamente de acordo com Villegas (2005) em: Reino dos fungos; Divisão: Mykota; Subdivisão: Eumicota; Classe: Hifomicetos; Ordem: Moniliales; Família: Moniliaceae e gênero: *Trichoderma*.

O gênero fúngico *Trichoderma* compreende pelo menos 254 espécies. As espécies que foram caracterizadas a nível molecular são classificadas como *Hypocrea*, para aquelas espécies tipificadas por um estágio sexual (teleomórfico), ou *Trichoderma* quando as cepas apresentam um estágio assexual (anamórfico ou mitospórico) (DRUZHININA et al., 2011).

As espécies deste gênero reproduzem-se assexuadamente e podem ser encontrados com maior frequência em material em decomposição, em rizosferas de plantas solos de regiões de clima temperado e tropical (MACHADO, 2012).

São espécies descritas como cosmopolitas, saprófitos, que podem ser encontradas tanto em regiões de clima tropical, como em regiões de clima frio e em temperatura extremas, como em solo Antártico (MÁCIAS-RODRÍGUEZ, 2020).

São micro-organismos simbioses vegetais oportunistas e não patogênicos que podem crescer também ambientes aquáticos, possuindo funções antagônicas baseadas em vários mecanismos como hiperparasitismo, antibiose e competição (MBARGA et al, 2012).

O *Trichoderma* possui diversos mecanismos exercidos na planta, desde impedir que fitopatógenos ataquem a planta, até melhorar a saúde e as defesas da planta. Os fungos que constituem *Trichoderma* spp. produzem metabólitos secundários com capazes de induzir resistência à planta contra fitopatógenos, promover o crescimento e

melhor a atividade fotossintética das plantas, possuindo diversas aplicações no campo da agricultura, indústrias e biorremediação (CONTRERAS-CORNEJO, 2016).

Os metabólitos gerados a partir da interação entre planta e *Trichoderma* spp. também atuam sobre a estrutura radicular das plantas, aumentando o comprimento da raiz lateral e primária que resulta na eficácia da absorção de nutrientes pela planta (NUR et al, 2020).

O principal interesse econômico nesse microrganismo está no potencial de seus metabólitos secundários, que podem ser utilizados para o biocontrole de fitopatógenos, como produtor de enzimas que atuam como promotor de crescimento de plantas (KASHYAP et al, 2017).

Além disso, o uso de cepas de *Trichoderma* está associada a maior tolerância da planta contra estresses abióticos, redução da toxicidade de pesticidas, herbicidas e biofertilizantes no solo, e como fonte de genes para uso em biotecnologia ou micromediador (NUR et al, 2020).

## **2. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO**

O poder de adaptação do *Trichoderma* em diferentes ambientes ocorre devido as interações com outros organismos, artrópodes e plantas em diversos níveis tróficos, alta capacidade reprodutiva, capacidade de sobreviver sob condições de crescimento desfavoráveis e rápida utilização dos nutrientes disponíveis do solo (MACÍAS-RODRIGRES et al, 2020).

As espécies de *Trichoderma* conseguem utilizar uma ampla variedade de compostos como fonte de carbono e nitrogênio para o seu crescimento, que pode ser suprido por carboidratos simples e complexos, purinas, pirimidinas, aminoácidos, taninos condensados, catequinas, aldeídos, ácidos orgânicos, particularmente ácidos graxos de cadeia longa, metanol, metilamina e formato (CORABI-ADELL, 2005).

A competição é um mecanismo muito importante de antagonismo. É definido como o comportamento desigual de dois ou mais organismos diante de um mesma exigência (substrato, nutrientes), desde que quando o uso deste por um dos organismos

reduz a quantidade ou espaço disponível para o resto. Esse tipo de antagonismo é favorecido por as características do agente de controle biológico, como plasticidade ecológica, velocidade de crescimento e desenvolvimento, e por outro lado por fatores externos como do solo, pH, temperatura, umidade, entre outros (HJELJORD et al,1998)

Esses fungos possuem ampla distribuição ocorrendo no mundo inteiro e são frequentemente isolados em solos compostos por argila e areia, em solos que contém ou consistem em matéria orgânica, as densidades populacionais da rizosfera foram estimadas entre  $10^1$  e  $10^3$  propágulos viáveis por grama de solo. A presença natural de *Trichoderma* em diferentes solos (agrícola, florestal, pousio), é considerada evidência de plasticidade ecológica deste fungo e sua capacidade como um excelente competidor por espaço e recursos nutricionais (BONONI et al, 2020).

*Trichoderma* é biologicamente adaptado para colonização agressiva de substratos e em condições adversas para sobreviver, principalmente na forma de clamidósporos. Alta taxa de crescimento, esporulação abundante e a grande variedade de substratos sobre os quais pode crescer, devido à riqueza de enzimas que possui, tornam que é muito eficiente como saprófita e ainda mais como agente de controle biológico (HJELJORD et al,1998).

A competição por nutrientes pode ser por nitrogênio, carboidratos não estruturais (açúcares e polissacarídeos como amido, celulose, quitina, laminarina e pectinas, entre outros) e microelementos. Essa forma de competição em solos ou substratos ricos em nutrientes não tem importância prática. Portanto, quando se utiliza a fertilização completa ou há excesso de alguns dos componentes de fertilizantes e mesmo em solos com alto teor de matéria orgânica, esse tipo de antagonismo não é muito eficaz (INFANTE, 2009).

A competição por substrato ou espaço depende se está livre de patógenos (substrato estéril) ou se existe uma microbiota natural. No primeiro caso, a taxa de crescimento do antagonista não determina a colonização efetiva dos nichos, mas a aplicação uniforme do mesmo em todo o substrato. No entanto, no segundo caso, a velocidade de crescimento, juntamente com outros mecanismos de ação do antagonista, é determinante no biocontrole do patógeno e colonização do substrato (INFANTE, 2009).

Em ambientes onde não há grandes variações de pH, fontes de nitrogênio como amônia aminoácidos, uréia, nitrato ou mesmo nitrito, promovem abundante crescimento vegetativo do *Trichoderma* ssp. Além disso, sais inorgânicos como os de magnésio e cloreto de sódio também aumentam o crescimento e desenvolvimento deste micro-organismo (CORABI-ADELL, 2005).

Algumas espécies respondem a presença de CO<sup>2</sup> em diferentes concentrações em meio alcalino, razão pela qual este micro-organismo, que normalmente é observado em solos tipicamente acidofílicos, pode ser observado também em habitats muito úmidos e levemente básicos, este fato pode ser atribuído ao íon bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que também tem efeito sobre o crescimento do *Trichoderma* ssp. (CORABI-ADELL, 2005).

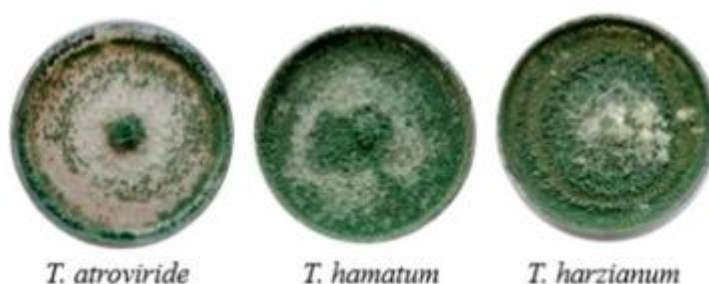
Um bom exemplo dessas interações é o relatado por Durman et al. (2013), que encontraram uma diminuição no crescimento de *R. solani* e da viabilidade dos escleródios pela ação de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. Além destas, as espécies mais frequentemente estudadas são os micoparasitas *T. atroviride* e *T. virens* e o saprófito *T. reesei* (CONTRERAS-CORNEJO, 2016).

### **3. CRESCIMENTO ESPORULAÇÃO E GERMINAÇÃO**

Estirpes de *Trichoderma* podem ser identificadas por características morfológicas apresentando inicialmente colônias brancas, passando para verde escuro ou amarelado, com esporulação densa (BONONI et al, 2020).

O micélio é esparso na maior parte e visto ao microscópio é fino, os verdes brilhantes e uma estrutura de conidióforos repetidamente ramificada, lembrando o aspecto de uma pequena árvore (Figura 1). Aparecem como plumas compactadas que formam anéis com sistema de ramificação piramidal irregular. Estes terminam em fiálides onde se formam esporos assexuados ou conídios, de grande importância para a identificação taxonômica em nível de espécie (KASHYAP et al, 2017).

Figura 1. Três linhagens isoladas diferentes de *Trichoderma* spp



Fonte: Nur *et al* (2020)

O conídios garantem as gerações do fungo durante grande parte do período vegetativo das plantas. São haplóides e sua parede é composta de quitina. e glucanos. Além dos conidióforos, estes são eles podem produzir em fiálides que emergem diretamente do micélio. A maioria das espécies de *Trichoderma* possui clamidósporos, que podem ser intercalares e às vezes terminais. Os clamidósporos toleram condições ambientais adversas, são estruturas de sobrevivência e permitem que o fungo pode resistir ao longo do tempo (STEFANOVA *et al*, 1999).

No entanto, clamidósporos recém-formados apresentam germinação superior a 75%, sob condições ótimas de umidade (> 75%) e temperatura (28- 30oC). Por isso, diz-se que as espécies de *Trichoderma* produz três tipos de propágulos: hifas, clamidósporos e conídios (INFANTE, 2009).

#### 4. MECANISMOS DE AÇÃO DO TRICHODERMA

Na ação de biocontrole do *Trichoderma*, vários mecanismos de ação foram descritos regular o desenvolvimento de fungos fitopatogênicos alvo. Dentre eles, os principais são a concorrência por espaço e nutrientes, micoparasitismo e antibiose, aqueles que têm ação direta contra o fungo fitopatogênico (INFANTE, 2009.) Esses mecanismos são favorecidos pela capacidade dos isolados de *Trichoderma* de colonizar a rizosfera das plantas.

Além disso, *Trichoderma* é conhecido por apresentar outros mecanismos, cuja ação biorreguladora é maneira indireta. Entre estes pode-se citar o que provocam ou induzem mecanismos de defesa fisiológicos e bioquímicos como a ativação na planta de compostos relacionados à resistência, com a desintoxicação de toxinas excretadas por patógenos e a desativação de enzimas destes durante o processo de infecção; a solubilização de elementos nutricionais, que em sua forma original não são acessíveis às plantas. (HARMAN, 2004).

##### 4.1 MICOPARASITISMO

O micoparasitismo é definido como uma simbiose antagônica entre organismos, na qual enzimas extracelulares, como quitinases e celulases, decompõe a estrutura das paredes celulares de fungos parasitados (INFANTE, 2009).

Durante o processo de micoparasitismo as espécies de *Trichoderma* crescem quimiotropicamente em direção ao hospedeiro, aderindo-os com suas hifas e degradando as paredes celulares do hospedeiro, nos estágios finais do processo parasitário observa-se o enfraquecimento quase total do fitopatógeno (CARSOLIO et al, 1999).

O micoparasitismo como mecanismo de ação antagônicos é um processo complexo dividido em quatro partes. O quimiotropismo positivo (Crescimento quimiotrófico) é o crescimento direto em direção a um estímulo químico. Na fase de localização do hospedeiro, o *Trichoderma* pode detectá-lo à distância e suas hifas

crecem em direção ao patógeno em resposta a um estímulo químico (CHET et al, 1994).

Reconhecimento: As cepas de *Trichoderma* e espécies de fungos fitopatogênicos são eficazes apenas contra patógenos específicos. O reconhecimento é feito através interações lectina-carboidratos. As lectinas são proteínas ligadas a açúcares ou glicoproteínas, que unem as células e estão envolvidas nas interações entre componentes de superfície das células e seu ambiente extracelular (CHET et al, 1994).

Adesão e ondulação: quando a resposta de reconhecimento é positivo, as hifas de *Trichoderma* aderem aos do hospedeiro formando estruturas semelhantes a ganchos e apressórios, enrolando-se em torno estes, tudo isso é mediado por processos enzimática (PÉREZ, 2004)

De acordo com Martínez (1994), a aderência das hifas de *Trichoderma* ocorre graças à associação de um açúcar de atividade lítica na fase de adesão e ondulação, onde ocorre a produção de enzimas líticas extracelulares, principalmente quitinases, glucanases e proteases, que degradam as paredes celulares do hospedeiro e possibilitam a penetração das hifas antagonistas

Segundo Lima et al, (2000), as enzimas líticas possuem grande eficácia no controle de inúmeros fungos fitopatogênicos, sobretudo aqueles com estruturas de resistência consideradas difíceis de serem atacadas por microrganismos. Isso porque as enzimas líticas degradam quitinases, celulasas,  $\beta$ -1,3-D-glicanases,  $\beta$ -1,4-glicosidases e proteases presentes na parede celular de fungos fitopatogênicos.

#### 4.2 ANTIBIOSE

Antibiose é a ação direta de antibióticos ou metabólitos tóxicos produzidos por um microrganismo em outro sensível a estes. Existe uma discussão a respeito da antibiose não deve ser considerada o principal mecanismo de ação de um antagonista, uma vez que há risco de aparecimento de cepas do patógeno resistentes ao antibiótico (VERO et al, 1999).

Inicialmente, estimou-se que a atividade inibitória de *Trichoderma* isolados em outros fungos devido apenas a compostos não voláteis. Dennis et al (1971),



relacionaram a atividade antibiótica de *Trichoderma* spp. com compostos não voláteis, entre os quais um foi identificado como tricodermina e outros metabólitos peptídicos.

Em pesquisas posteriores determinou-se que *Trichoderma* ssp. produz mais dois antibióticos: gliotoxina e viridina. Anos mais tarde, foi relatado que *T. harzianum* Rifai produz numerosos antibióticos como: tricodermina, suzucacilina, alameticina, dermadina, tricotecenos e tricolorzianina e que a atividade antibiótica de alguns isolados também se devia à produção de compostos voláteis, sendo que os isolados mais ativos possuíam forte odor de coco, possivelmente relacionado à atividade antagônica. (INFANTE, 2009)

Em estudos do conjunto perfil de expressão do RNA de *Trichoderma*, substâncias voláteis são observadas como fito-hormônios etileno, ácido jasmônico e ácido salicílico que funcionam como moduladores-chave na ativação dos mecanismos de defesa das plantas contra insetos (MACÍAS-RODRÍGUEZ et al, 2020).

Os antibióticos voláteis têm um efeito essencialmente fungistático, enfraquecendo o patógeno e tornando-o mais sensível a antibióticos não voláteis, que é conhecido como “hiperparasitismo” de origem enzimática (MARTÍNEZ, 1994).

Stefanova et al (1999), relataram a presença de metabólitos não voláteis com atividade antifúngica em quatro isolados de *Trichoderma* e concluíram que reduzem o crescimento micelial de *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan e *R. Solani* em meios de cultura envenenados com filtrados líquidos onde as cepas antagônicas foram cultivadas.

Algumas das enzimas não estão apenas envolvidas no processo de penetração e lise, mas também atuam como antibióticos, como é o caso da enzima endoquitinase (Ech42) que causa hidrólise nas paredes de *B. cinerea*, e também inibe a germinação de conídios e o crescimento de tubos germinativos de vários fungos (CARSOLIO, 1999).

A produção metabólica dos isolados de *Trichoderma* apresenta, como micoparasitismo, certa especificidade em um grupo de cepas de *Trichoderma* chamado "Q" que produziram gliotoxina e foram eficazes contra *R. solani*, mas não contra *Pythium ultimum* Trow; enquanto outro grupo de cepas "P", que a gliovirina excretada apresentou resultados opostos (SAMUELS, 1996).

### 4.3 INTERAÇÕES

O contato físico entre e raízes de plantas também modula enzimas fúngicas envolvidas na produção de metabólitos secundários que são benéficos para a sobrevivência, crescimento e colonização do fungo. As cepas de *Trichoderma* produzem compostos elicitores, que têm como função ativar respostas de defesa da planta sob estresse. Segundo Poveda et al (2020), o *Trichoderma* spp. tem a capacidade de modular a expressão gênica da planta em estresse ocorre resistência sistêmica induzida.

A resposta de indução de resistência da planta depende do tipo de elicitores liberados, essa modulação genética também está envolvida na transdução de sinais que induzem mecanismos na planta que ajudam as plantas a suportar as condições de estresse e abióticos leva a uma melhor adaptação das plantas (KASHYAP et al, 2017).

Fatores como salinidade, períodos de seca, submersão, presença de metais pesados e temperaturas desfavoráveis são os principais estresses abióticos que induzem danos celulares em diversas culturas. As cepas de *Trichoderma* regulam vários genes envolvidos na defesa da planta e no aumento do metabolismo basal (CONTRERAS-CORNEJO et al. 2016).

O tipo de elicitores produzidos por *Trichoderma* são produzidos a partir de estímulos do ambiente, com isso, a aplicação de formulações usadas para produzir inóculos ativos e viáveis usando conídios em um estágio inicial de crescimento da cultura demonstram melhores resultados no desenvolvimento de raízes e absorção de nutrientes (KASHYAP et al, 2017).

Contudo, a resposta da planta ao *Trichoderma* spp. durante o tratamento geralmente variava com a cultura, genótipo da planta, método de aplicação (se na semente, raiz e solo), tamanho do inóculo, método de entrega e condições do solo e do ambiente etc. (ESPARZA-REYNOSO et al. 2015).

Segundo Biere et al (2013), a interação entre os micro-organismos, plantas e insetos modulam suas populações, ou seja, a população micro-organismos pode

influenciar na população e comunidade de insetos presentes nas plantas cultivadas gerando uma série de feedbacks “eco evolucionários”.

## 5. PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

*Trichoderma* é capaz de produzir metabólitos com diversas atividades, sendo as mais interessantes para o campo agrícola a capacidade de promover o crescimento de plantas, bem como a capacidade de inibir o crescimento de fitopatógenos, seja por uma ação direta ou por uma indução de resistência sistêmica nas plantas hospedeiras (POVEDA, 2020).

Produtos compostos de metabólitos, isolados ou em misturas, são candidatos promissores para a geração de novos produtos devido a sua fácil produção, escalonamento e possibilidades de formulações, permitindo assim, um maior tempo de armazenamento e a preparação para aplicação de acordo com a cultura de interesse (POVEDA, 2020).

Segundo Zeilinger et al., (2016) os compostos metabólicos são produzidos a partir da estimulação ambiental, reconhecida por proteínas receptoras que desencadeiam a transdução de sinais que ativam e reprimem a expressão de determinados genes que gera a produção de metabólitos distintos. Dessa forma, a variedade de metabólitos secundários está relacionada diretamente com a diversidade de organismos-alvo que o gênero *Trichoderma* consegue parasitar.

As primeiras referências sobre a produção de metabólitos produzidos por *Trichoderma* sp. são de Weindling (1934). Desde então, vários compostos têm sido extraídos e identificadas a partir de isolados específicos, como substâncias com atividade antibiótica relacionada às substâncias Gliotoxina, Viridina, Trichodermina, Suzucacilina, Alamenticina e Dermadina.

Macías-Rodríguez et al (2020) descreveu grande variedade de compostos químicos, voláteis e não voláteis, que permitem que esses fungos desempenhem suas inúmeras atividades no ambiente, como as Quitinases e Harzianopiridona, enzimas secretadas que degradam a quitina da parede celular nos fitopatógenos fúngicos e inibem seu crescimento, respectivamente.

Outros metabólitos também foram mencionados por Vinale et al. (2020) que apresentam efeito positivo no desenvolvimento das plantas, como Koninginins C, 6-Pentyl-A-Pyrone, Trichocaranes A - D, Harzianopiridona, Ciclonerodiol, Harzianolida e Ácido Harzianico.

Além desses outros metabólitos podem modular a expressão de genes relacionados ao crescimento radicular e resistência ao estresse, como Trichocaranos A, B, C e D, Tricoconina VI (Tk VI),  $\beta$ -Mirceno, cis- e trans - $\beta$ -ocimeno, além de Ácido Harziânico, C 8 compostos derivados de oxilipina: 3-octanol, 1-octen-3-ol e 2-octanona, que atuam como regulador de crescimento e modulam a defesa da planta (MACÍAS-RODRÍGUEZ et al, 2020).

## **6. MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizada uma revisão narrativa de trabalhos publicados nas bases de dados SciELO - Scientific Electronic Library Online, Sciencedirect e Scopus - Basic Search, google adêmico e pubmed Os estudos selecionados foram os que focalizaram o utilização do uso de *trichoderma* para controle biológico.

## **7. CONCLUSÃO**

O conhecimento de diferentes isolados de *thichordema*, assim como seus mecanismos de ação, podem determinar com maior eficiência, o potencial deste Gênero, no controle biológico de fitopatógenos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

BIERE, A., BENNETT, A. Three-way interactions between plants, microbes and insects, **Functional Ecology**. v. 27, 2013. DOI:10.1111/1365-2435.12100

BONONI, L., CHIARAMONTE, J. B., PANSA, C. C., MOITINHO, M. A., MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports** v. 10. 2020. DOI:10.1038/s41598-020-59793-8.

CARSOLIO C., BENHAMOU N., HARAN S., CORTÉS C., GUTIERREZ A., CHET I., HERRERA-ESTRELLA A. Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. **Appl Environ Microbiol**. 1999. DOI: 10.1128/AEM.65.3.929-935.1999.

CHET I, INBAR J. Biological control of fungal pathogens. **Applied Biochemistry and Biotechnology**. v. 48. n. 1, 1994. DOI: 10.1007/BF02825358.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A., MACÍAS-RODRÍGUEZ, L., DEL-VAL, E. LARSEN, J. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants, **FEMS Microbiology Ecology**, n.92, 2016.

CORABI-ADELL, C. Biodiversidade do gênero *Trichoderma* (Hypocreales - fungi) mediante técnicas moleculares e análise ecofisiográfica. **Tese de doutorado**. UNESP, Rio Claro, São Paulo – Brasil, 2004

DENNIS L., WEBSTER J. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*. III Hyphal interaction. **Transactions of the British Mycological Society**. v. 57, n. 3, 1971. DOI: 10.1016/S0007-1536(71)80050-5.

DRUZHININA, I. S., SEIDL-SEIBOTH, V., HERRERA-ESTRELLA, A., HORWITZ, B. A., KENERLEY, C. M., et al. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**. v. 9, 2011. DOI: doi:10.1038/nrmicro2637.

DURMANS, MENÉNDEZ A, GODEAS A. Evaluación de *Trichoderma* spp. como antagonista de *Rhizoctonia solani* “in vitro” y como biocontrolador del damping

off de plantas de tomate en invernadero. **Revista Argentina de Microbiología**. v.31, n.1. 2003.

ESPARZA-REYNOSO, E., RUÍZ-HERRERA, L. F., PELAGIO-FLORES, R., MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. I., MARTÍNEZ-TRUJILLO. M., et al. Trichoderma atroviride-emitted volatiles improve growth of Arabidopsis seedlings through modulation of sucrose transport and metabolismo. **Plant Cell Environ**. v. 44 n. 6. 2021 DOI: 10.1111/pce.14014

HARMAN G. E. Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on Trichoderma harzianum T22. **Plant Dis**. V. 84 n. 4. 2004. DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.4.377.

HJELJORD L., TRONSMO A. Trichoderma and Gliocladium in biological control: an overview. **In: Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial applications** v. 2, 1998 DOI: 10.1201/9781482267945

HU, S., BIDOCHKA, M. J., Root colonization by endophytic insect-pathogenic fungi, **Journal of Applied Microbiology**. V. 130, n.2, 2019.

INFANTE, D., MARTÍNEZ, B. GONZÁLEZ, N., REYES, Y. Mecanismos De Acción de *Trichoderma* Frente a Hongos Fitopatógenos. **Rev. Protección Veg**. v. 24 n. 1. 2009.

JANGUIR, M., PATHAK, R., SHARMA, S., Trichoderma and Its Potential Applications, In: SINGH D., SINGH H., PRABHA R., **Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives**. Springer, Singapore. 2017

KASHYAP, P. L., RAI, P., SRIVASTAVA, A. K., KUMAR, S. Trichoderma for climate resilient agriculture. **World J Microbiol Biotechnol**, v. 33, n. 155 2017. DOI: 10.1007/s11274-017-2319-1.

LIMA, L.H.C.; MARCO, J.L. de; FELIX, C.R. Enzimas hidrolíticas envolvidas no controle biológico por micoparasitismo. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). Controle biológico. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**. 2000.

MACHADO, D. F M., PARZIANELLO, F. R., SILVA, A. C. F., ANTONIOLLI Z. I., Trichoderma In Brazil: The Fungus And The Bioagent. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 35, n. 1, 2012.



MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. CONTRERAS-CORNEJO, H. A., ADAME-GARNICA, S. G., DEL-VAL, E. LARSEN, J. The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. **Microbiological Research**. V. 240, 2020. DOI: 10.1016/j.micres.2020.126552.

MARTÍNEZ B, FERNÁNDEZ L, SOLANO T. Antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos de la caña de azúcar, tomate y tabaco. **Cultivos Tropicales**. v. 15, n. 3, 1994.

MBARGA, J. B., HOOPEN, M. T., KUATÉ, J. ADIOBO, A., NGONKEU, M. E. L., et al. *Trichoderma asperellum*: A potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroon. **Crop Protection**. v. 36, 2012. DOI:10.1016/j.cropro.2012.02.004.

NUR, A. Z., NOOR, A. B. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. **Annals of Agricultural Sciences**. v. 65, 2020. DOI: 10.1016/j.aos.2020.09.003

PÉREZ N. **Manejo Ecológico de plagas**. CEDAR: La Habana.. Cuba 296 pp. 2004.

POVEDA, J., EUGUI, D., ABRIL-URIAS, P., Could *Trichoderma* Be a Plant Pathogen? Successful Root Colonization, In: Sharma A., Sharma P. **Trichoderma. Rhizosphere Biology**. Springer, Singapore. 2020.

SAMUELS G. J. *Trichoderma*: a review of biology and systematic of the genus. **Mycological Research**. v. 100, n. 8, 1996. DOI: 10.1016/S0953-7562(96)80043-8

STEFANOVA M., LEIVA A., LARRIGANAGA L., CORONADO M. F. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos del suelo. **Revista Facultad de Agronomía**. v.16, 1999.

VERO S. M., MONDINO P. Control biológico postcosecha en Uruguay. **Horticultura Internacional**. v, 7. n.1, 1999.

VILLEGAS, M. A. *Trichoderma* Pers. Características Générale y su potencial biológico en la agricultura sostenible. **Orius Biotecnología**. Colombia 2005. Disponible en: <http://www.oriusbiotecnologia.com/site/index.php?id=20,66,0,0,1,0>.

VINALE, F., SIVASITHAMPARAM, K. Beneficial effects of Trichoderma secondary metabolites on crops. **Phytotherapy Research** v. 34, 2020 DOI: 10.1002/ptr.6728

WEINDLING, R., FAWCETT, H.S. Experiments in Biological Control of Rhizoctonia Damping-off. **Phytopathology**, v. 24, 1934.

WOO, S. L., RUOCCO, M., VINALE, F., NIGRO, M., MARRA, R., LOMBARD., N., PASCALE, A., LANZUISE, F., MANGANIELLO, G., LORITO, M., Trichoderma-based Products and their Widespread Use in Agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, 2014.

ZEILINGER, S. GRUBER. S. BANSAL R. MUKHERJEE, P. K., Secondary metabolism in Trichoderma – Chemistry meets genomics. **Fungal Biology Reviews**, v. 30. n. 2. 2016. DOI 0.1016/j.fbr.2016.05.001.