

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA**

**FUNGOS ENDOFÍTICOS EM ESPÉCIES AGRÍCOLAS DE  
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA**

**Thaís Felix**

**Belo Horizonte, Minas Gerais**  
**2019**

Thaís Félix

**Fungos endofíticos em espécies agrícolas de importância econômica**

Monografia apresentada ao Programa de Pós Graduação em Microbiologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do grau de Especialista em Microbiologia.

**Orientadora:** Dra. Iara Furtado Santiago  
Departamento de Microbiologia, ICB/UFMG

Belo Horizonte

Março de 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado tanta força para concluir esse curso, mesmo diante de todas as barreiras pessoais que hoje trago comigo.

À Universidade Federal de Minas Gerais, que mais uma vez esteve presente na minha vida acadêmica.

À minha orientadora, Dra Iara Santiago, por todo o auxílio nesse trabalho.

Aos meus professores do curso de Especialização em Microbiologia Aplicada por todo o conhecimento transmitido, por tanta sabedoria e ensinamentos.

Aos meus queridos colegas, em especial, Márcia Oliveira e Rafael Rives, obrigada pela amizade, por todas as risadas e por serem os melhores parceiros de laboratório.

À minha mãe, por nunca deixar de acreditar que eu conseguiria chegar até aqui.

À Bruno, por toda compreensão e disponibilidade nesses dias difíceis.

Aos amigos Rodrigo Eduardo e Cadu, por me auxiliarem sempre que eu preciso.

Muito Obrigada!

*“Não há nada como a respiração profunda  
depois de dar uma gargalhada.  
Nada no mundo se compara à barriga  
dolorida pelas razões certas.”*

**- As Vantagens de Ser Invisível –  
Stephen Chbosky**

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE DE TABELAS.....</b>	<b>xviii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
<b>4 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
4.1 FUNGOS ENDOFÍTICOS.....	15
4.2 IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS NA AGRICULTURA.....	25
4.3 OCORRÊNCIA DE FUNGOS ENDOFÍTICOS EM CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	29
4.4 PRINCIPAIS GÊNEROS ISOLADOS EM ESPÉCIES VEGETAIS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	38
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ICB: Instituto de Ciências Biológicas

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

SCIELO: Scientific Electronic Library Online

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

IRS: Indução de resistência sistêmica

COVs: Compostos orgânicos voláteis

BDA: Batata Dextrose Ágar

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Transmissão de fungos endofíticos em hospedriros. .... 16
- Figura 2.** Metodologia de isolamento e purificação de fungos endofíticos..... 19
- Figura 3.** Halo de inibição do crescimento de *Phomopsis* sp. (esquerda) e *Sclerotinia sclerotiorum* (direita) apresentado pelo fungo filamentosso endofítico *Guignardia mangiferae* F75 após 10 dias à 27°C em meio BDA.....35

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 Critérios de simbiose utilizados na classificação de fungos endofíticos ...</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 2 Plantas hospedeiras, partes isoladas e grupos taxonômicos frequentes de fungos endofíticos isolados de plantas economicamente importantes. ....</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 3 Metabólitos secundários de origem endofítica com propriedades bioativas .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabela 4 Resultado da atividade antagonista de fungos endofíticos na inibição do crescimento de fungos fitopatogênicos de espécies vegetais de importância econômica .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 5 Resultado da inoculação de fungos endofíticos em espécies vegetais de importância econômica .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 6 Substâncias produzidas por <i>Trichoderma</i> e suas atividades .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 7 Substâncias produzidas por <i>Trichoderma</i> e suas atividades .....</b>	<b>44</b>

## RESUMO

Fungos endofíticos são micro-organismos que se encontram no interior das plantas durante todo ou pelo menos, uma parte do seu ciclo de vida sem causar danos aparentes. Estes, pertencem principalmente aos filos *Ascomycota* e *Basidiomycota* e distribuem-se por diferentes órgãos e tecidos do hospedeiro. Os fungos endofíticos podem ser transmitidos por vias aéreas ou por meio de sementes que contém o fungo. São abundantes nas regiões tropicais e podem colonizar diferentes tipos de espécies vegetais, além de trazer benefícios às plantas como estimulação do crescimento, aumento da resistência à pragas e doenças e às condições adversas do ambiente. Os fungos endofíticos se destacam pelas suas propriedades bioativas e pela produção de metabólitos secundários potenciais no desenvolvimento de antimicrobianos. Dentre os compostos produzidos, muitos podem ser destinados para uso agrícola, visando a implementação do controle biológico de pragas e doenças no campo para reduzir o uso de agroquímicos. Uma vez que o uso excessivo de fungicidas, inseticidas e adubações desequilibradas provocam efeitos nocivos na biodiversidade dos ecossistemas e são práticas onerosas. Já a capacidade dos fungos endofíticos em promoverem o crescimento de culturas agrônômicas e de atuarem como agentes de biocontrole de fitopatógenos, aumenta o interesse de pesquisadores que buscam formas de aplicação de isolados desses fungos em rotinas agrícolas. Dessa forma, esse trabalho buscou realizar uma revisão bibliográfica sobre a presença de fungos endofíticos em espécies vegetais agrícolas de interesse econômico, abordando a sua importância na agricultura e as relações existentes com as espécies vegetais cultivadas.

**Palavras chaves:** Fungos endofíticos, plantas de importância econômica, controle biológico, compostos bioativos.

## ABSTRACT

Endophytic fungi are microorganisms that are found inside plants throughout or at least a part of their life cycle without causing apparent damage. These fungi belong mainly to the *Ascomycota* and *Basidiomycota* phyla and are distributed through different organs and tissues of the host. Endophytic fungi can be transmitted through the airways or through seeds that contain the fungus. They are abundant in tropical regions and are able to colonize different types of plant species, bringing benefits to the plants such as growth stimulation, increased resistance to pests, diseases and adverse environmental conditions. Endophytic fungi stand out for their bioactive properties and the production of potential secondary metabolites in the development of antimicrobials. Among the compounds produced, many are intended for agricultural use, aiming at the implementation of biological control of pests and diseases in the field to reduce the use of agrochemicals. Excessive use of fungicides, insecticides and unbalanced fertilizers causes harmful effects on ecosystem biodiversity and are costly practices. However, the ability of endophytic fungi to promote the growth of agronomic and forest crops and to act as biocontrol agents of phytopathogens, increases the interest of researchers seeking forms of application of endophytic fungi isolates in agricultural and forestry routines. Thus, this paper aims to carry out a bibliographic review on the presence of endophytic fungi in agricultural plant species of economic importance, addressing their importance in agriculture and the existing relationships with cultivated plant species.

**Key-words:** Endophytic fungi, agricultural plant species of economic importance, biological control, bioactive compounds.

# 1 INTRODUÇÃO

Os fungos compõem um grande grupo de micro-organismos podendo se apresentar em forma unicelular, leveduras ou pluricelular, quando formam micélio, fungo filamentosos (Silva, 2005). Possuem uma ampla distribuição geográfica, habitando os mais variados ambientes como água, ar e solo, principalmente. São organismos quimiorganotróficos e se nutrem a partir da secreção de enzimas extracelulares que são responsáveis pela digestão dos compostos orgânicos, que são, posteriormente, ingeridos pelos fungos (Madigan et al., 2010). Desempenham um importante papel no ecossistema, já que são decompositores naturais da matéria orgânica não viva (Pereira, 2006). Espécies fúngicas podem provocar doenças em animais, no homem ou, ainda, podem atuar como fitopatógenos, provocando graves doenças em espécies vegetais de importância econômica, levando à grandes perdas na produção agrícola. Como possuem diferentes modos de vida, também podem ser encontrados em associação com espécies vegetais sem provocar danos, convivendo de forma simbiótica e trazendo benefícios para o hospedeiro, como, por exemplo, os fungos micorrízicos (Cardoso et al., 2010) e os fungos endofíticos (Madigan et al., 2010).

Os fungos endofíticos são micro-organismos que estão presentes no interior das plantas durante todo ou, pelo menos, uma parte do seu ciclo de vida, vivendo de forma simbiótica, ou seja, sem causar prejuízos ou danos aparentes (Dutta et al., 2014). Encontram-se distribuídos por diferentes órgãos e tecidos das plantas e se associam a folhas, ramos, caules e raízes (Felber et al., 2016). A sua transmissão pode ocorrer por meio da penetração ativa do fungo pelas estruturas da planta ou por meio de sementes (Aly et al., 2011). Os fungos endofíticos destacam-se pela capacidade de produzirem metabólitos secundários similares àqueles produzidos pelos vegetais, bem como pelas suas propriedades bioativas que são, possivelmente, provenientes das interações metabólicas que ocorrem entre os fungos e as espécies vegetais. Essa característica das espécies fúngicas endofíticas permite que sejam grandes potenciais no desenvolvimento de antimicrobianos (Fernandes et al., 2009) e vários dos compostos produzidos podem ser utilizados como alternativas potenciais para uso na agricultura (Kaul et al., 2012).

Os fungos endofíticos desempenham um importante papel na agricultura, podendo ser utilizados como agentes de biocontrole de pragas e doenças, além de influenciarem de forma positiva no crescimento vegetal por meio da produção de fitoreguladores (Afzal et al., 2014). Sabe-se que o controle químico é o método mais utilizado no meio agrícola e de forma intensiva, mas o seu uso está aliado a várias desvantagens (Santos e Silva, 2014). Dessa maneira, o uso de micro-organismos que possam atuar como agentes de biocontrole é uma alternativa viável que pode reduzir a necessidade de utilização de químicos na agricultura (Sousa; Soares e Garrido, 2009).

Assim, o presente trabalho visa fazer um levantamento bibliográfico sobre a presença de fungos endofíticos associados a espécies vegetais agrícolas de interesse econômico e a importância da utilização desses micro-organismos como agentes alternativos e viáveis para o desenvolvimento de práticas agronômicas mais sustentáveis.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar um levantamento bibliográfico sobre a presença de fungos endofíticos associados a espécies vegetais agrícolas de interesse econômico e a importância desses fungos como agentes alternativos para uma produção agrícola mais sustentável.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Discorrer sobre a importância dos fungos endofíticos na agricultura e sua capacidade de produzir compostos bioativos.
- Discorrer sobre a importância dos fungos endofíticos no controle biológico e na promoção do crescimento vegetal.
- Relatar os principais gêneros fúngicos isolados em espécies vegetais agrícolas de importância econômica.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho, de caráter descritivo, foi desenvolvido a partir da realização de um levantamento bibliográfico realizado nas bases de dados: Science Direct, Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e portal de periódicos CAPES, durante o período de dezembro de 2018 a março de 2019.

As palavras-chaves utilizadas para busca foram: fungal diversity, endophytic fungi, agricultural crops, biological control, pest control, phytopathogens control.

A revisão foi desenvolvida pela pesquisa de artigos que datam do ano de 1991 até o ano de 2018, a fim de selecionar tanto informações atuais assim como trabalhos antigos, mas que trazem dados relevantes para a produção científica sobre o tema abordado.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 Fungos Endofíticos

Os micro-organismos caracterizados como endofíticos englobam, principalmente, fungos e bactérias que colonizam e habitam o interior de espécies vegetais de forma assintomática (Azevedo, 2014). Estes micro-organismos, se diferenciam dos fitopatógenos, que causam doenças às plantas e dos epifíticos, que são encontrados na superfície dos órgãos e tecidos vegetais (Azevedo, 2014).

Segundo Dutta et al. (2014), os fungos endofíticos são micro-organismos que estão presentes no interior das plantas durante todo ou, pelo menos, uma parte do seu ciclo de vida, vivendo de forma simbiótica, ou seja, sem causar prejuízos ou danos aparentes. Jia et al. (2016) em seus estudos que envolvem a interação entre plantas e fungos endofíticos, demonstram que essa relação pode trazer uma série de benefícios para as plantas hospedeiras como proteção contra fitopatógenos e promoção do crescimento vegetal. A proteção acontece pelo aumento da resistência a partir da produção de compostos bioativos como alcaloides, flavonoides, diterpenos e isoflavonoides (Firáková et al., 2007; Rodriguez et al., 2009). Já o crescimento pode ocorrer a partir da produção, pelo fungo, de diferentes fitohormônios (Waqas et al., 2012) ou pela obtenção de elementos nutricionais úteis para a planta, tais como nitrogênio e fósforo (Zhang et al., 2006; Hartley e Gange, 2009). Além disso, podem exercer funções saprofíticas já que muitas espécies atuam nos processos de maturação e decomposição foliar (Promputtha et al., 2007) produzindo enzimas responsáveis pela decomposição de matéria orgânica vegetal (Sunitha et al., 2013).

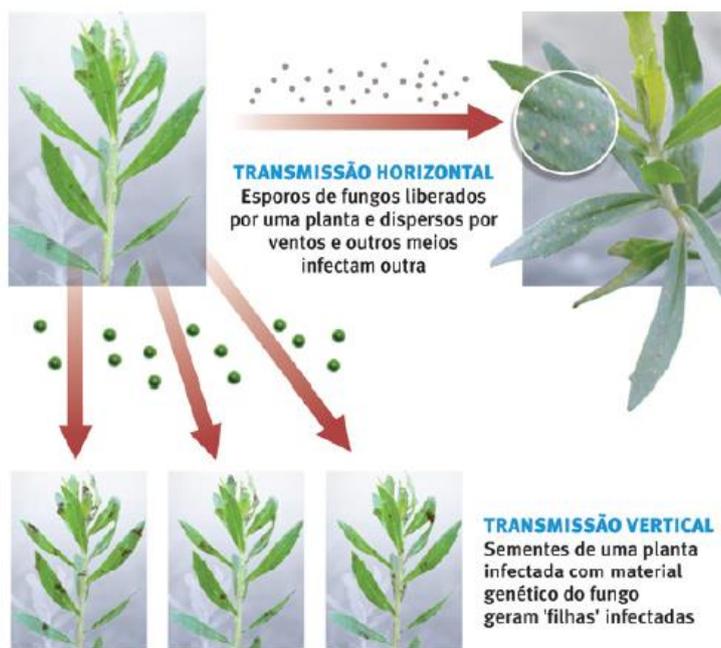
Os fungos endofíticos encontram-se distribuídos por diferentes órgãos e tecidos das plantas e se associam a folhas, ramos, caules, raízes (Felber et al., 2016) e estruturas florais, como ovário, anteras e estames (Porrás-Alfaro e Bayman, 2011).

Na relação entre o fungo endofítico e a sua planta hospedeira, este auxilia na demanda nutricional do micro-organismo e este proporciona proteção à planta (Xiao et al., 2014). Segundo Gundel et al. (2010) em alguns casos os fungos podem induzir alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas em seus hospedeiros a partir da produção de substâncias bioativas. Isso afeta, por exemplo, o desempenho da planta, o

que poderá promover uma maior resistência a estresses bióticos, como ataques de herbívoros e contaminações com fitopatógenos, e fatores abióticos, como resistência a déficit hídrico, salinidade, altas concentrações de metais pesados no solo e herbicidas (Gundel et al., 2010).

A forma de transmissão dos fungos endofíticos, podem ocorrer de forma horizontal, por meio da penetração do fungo pelos estômatos, raízes ou, até mesmo, por ferimentos encontrados em diversas partes das plantas, ou ainda, de forma vertical, por meio de sementes (Aly et al., 2011) (Figura 1).

**Figura 1.** Transmissão de fungos endofíticos em hospedeiros.



Fonte: Revista Ciência Hoje, vol. 42, nº 252, 2008.

Os fungos endofíticos pertencem principalmente aos filos *Ascomycota* e *Basidiomycota* (Yu et al., 2010) e são subdivididos em quatro classes que variam de acordo com o hospedeiro colonizado, o modo de colonização, tipo de transmissão e função ecológica (Rodriguez et al., 2009). A classe 1 engloba fungos endofíticos *Clavicipitaceus*, que são específicos de gramíneas e conduzem a sua transmissão de forma vertical e horizontal. Segundo Faeth e Saari (2012), os fungos desta classe, produzem alcaloides com atividade inseticida, conferindo ao hospedeiro resistência à

herbivoria, uma vez que reduz o ataque de herbívoros às gramíneas de interesse econômico.

Já os fungos da classe 2 pertencem em sua maioria ao filo *Ascomycota* e alguns do filo *Basidiomycota*. Também realizam transmissão vertical e horizontal por meio de sementes e rizomas e podem colonizar diferentes órgãos e tecidos do seu hospedeiro (Fernandes, 2015). Além disso, os fungos da classe 2, podem conferir resistência à alguns tipos de stress ambiental como alterações de pH, temperatura e salinidade (Fernandes, 2015).

Os fungos agrupados na classe 3 apresentam transmissão apenas de forma horizontal e esta ocorre de maneira primária ou exclusiva nos tecidos acima do solo. São encontrados em árvores tropicais, coníferas e em espécies não vasculares (Fernandes, 2015).

Os fungos representantes da classe 4 também possuem transmissão horizontal e são caracterizados pela coloração escura. Podem estar associados a raízes de plantas e possuem especificidade de hospedeiro (Fernandes, 2015). A Tabela 1 demonstra os critérios utilizados na classificação de fungos endofíticos.

**Tabela 1** Critérios de simbiose utilizados na classificação de fungos endofíticos

Critério	Clavicipitaceous	Não-clavicipitaceous		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Hospedeiros Colonizados	Limitado	Variados	Variados	Variados
Tecidos Colonizados	Rizoma e partes aéreas	Raízes, rizomas e partes aéreas	Partes aéreas	Raízes
Colonização <i>in planta</i>	Sistêmica	Sistêmica	Não-sistêmica	Sistêmica
Diversidade <i>in planta</i>	Baixa	Baixa	Alta	Baixa
Transmissão	Vertical e Horizontal	Vertical e Horizontal	Horizontal	Horizontal

Fonte: Adaptado de Rodriguez et al. (2009)

Os fungos endofíticos podem estar presentes em espécies vegetais das mais variadas regiões (Silva, 2014) e de todas as categorias, sendo encontrados habitando briófitas (Zhang et al., 2013), pteridófitas (Olmo-Ruiz; Arnold, 2014), gimnospermas (Soca-Chafre et al., 2011) e angiospermas (Impullitti; Malvick, 2013) e podendo ser generalistas ou específicos do seu hospedeiro (Fernandes, 2015).

Toda essa diversidade e abundância de fungos endofíticos podem sofrer variações em função do hospedeiro, idade da planta, localização geográfica e condições ecológicas e sazonais, como altitude e precipitação (Bezerra et al, 2013). Os autores ainda destacam que uma ou duas espécies do mesmo fungo podem predominar como endofíticas de um determinado hospedeiro, sendo inferior a frequência de outras espécies.

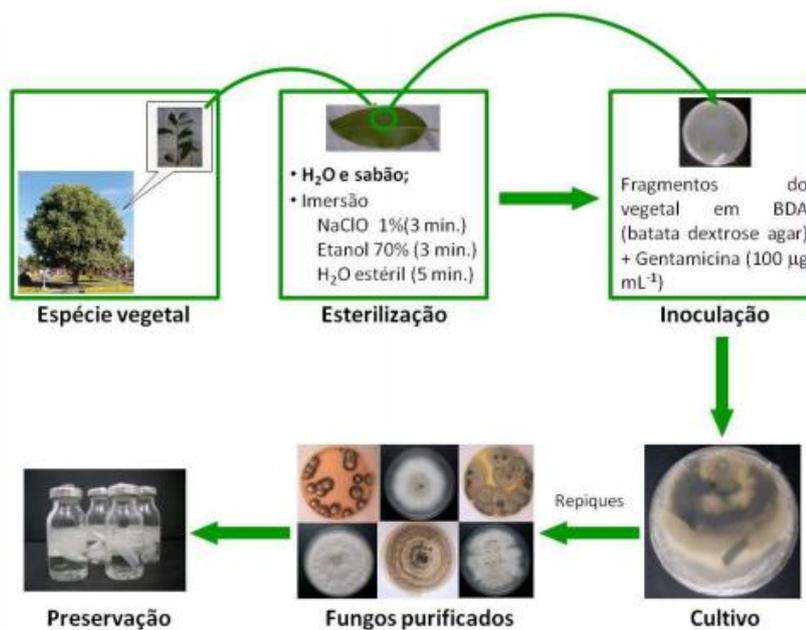
Dentre as regiões que apresentam esses micro-organismos, as florestas tropicais são descritas como o hábitat onde ocorrem a maior diversidade de fungos endofíticos (Arnold et al., 2000). A localização geográfica parece influenciar na produção de um maior número de moléculas ativas e de metabólitos secundários, ambos encontrados em maior quantidade em regiões de clima tropical quando comparados, estatisticamente, com a produção obtida em regiões de clima temperado (Bills et al., 2002). Além de todas essas variáveis, os métodos de isolamento utilizados durante as pesquisas também podem influenciar de maneira significativa na diversidade de endófitos encontrados em uma mesma espécie vegetal (Leite et al., 2013).

O aperfeiçoamento e o desenvolvimento de novos métodos utilizados para o isolamento fúngico, bem como a utilização de técnicas moleculares, permitiram estudos mais elaborados e um maior conhecimento desses micro-organismos nos mais distintos ambientes (Fernandes, 2015). O aprimoramento das tecnologias de sequenciamento de DNA viabilizam a identificação de novas espécies de fungos endofíticos, cultiváveis ou não, associados as mais variadas espécies de plantas (Zimmerman e Vitousek, 2012).

Para fins de avaliação da diversidade dos fungos endofíticos, primeiramente, são utilizadas técnicas de esterilização superficial do tecido da planta para eliminação de micro-organismos epífitos que podem comprometer o isolamento dos fungos de interesse. Essa técnica de desinfestação se baseia, principalmente, no uso de

substâncias químicas como etanol 70% e hipoclorito de sódio 3%, podendo-se, também, utilizar de flambagem ou irradiação com luz ultravioleta. Posteriormente, os tecidos internos são fragmentados e distribuídos em placas de petri e incubados de forma controlada para obtenção das culturas. Após o crescimento, as colônias são transferidas para outros meios, novamente isoladas e purificadas para possibilitar a preservação e a identificação (Strobel e Daisy, 2003; Silva et al., 2010) (Figura 2).

**Figura 2.** Metodologia de isolamento e purificação de fungos endofíticos.



Fonte: (Silva et al., 2010)

A identificação dos fungos filamentosos é feita a partir da análise morfológica das suas estruturas sexuais e assexuais em microscópio óptico (Devi e Prabakaran, 2014) e complementada por identificação molecular por meio de sequenciamento de DNA (Santos et al., 2013).

Muitos fungos endofíticos já foram isolados de diferentes espécies vegetais e além da especificidade existente entre a relação fungo-hospedeiro, fatores como idade da planta, tipo de tecido e órgão da planta podem afetar de forma qualitativa e quantitativa na diversidade dos fungos que possam ser isolados (Santos, 2011). A Tabela 2 exemplifica os principais fungos endofíticos identificados em diferentes espécies vegetais agrícolas de interesse econômico e qual a parte da planta foi utilizada para realizar o isolamento.

**Tabela 2** Plantas hospedeiras, partes isoladas e grupos taxonômicos frequentes de fungos endofíticos isolados de espécies vegetais agrícolas economicamente importantes.

Planta Hospedeira		Partes isoladas	Grupos taxonômicos Frequentes	Referências
Nome Comum	Nome Científico			
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	Folhas e raízes	<i>Chaetomium globosum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Cladosporium cladosporioides</i>	Naik; Shashikala; Krishnamurthy (2009)
Banana	<i>Musa acuminata</i> Colla	Folhas	<i>Xylaria</i> sp., <i>Colletotrichum musae</i> e <i>Cordana musae</i>	Pereira; Vieira; Azevedo (1999)
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Ramos	<i>Fusarium</i> spp.	Rubini et al. (2005)
		Caule e vagem	<i>Coprinellus</i> sp	Crozier et al. (2006)
		Ramos, galhos e casca do caule	<i>Trichoderma</i> spp., <i>Pestalotiopsis</i> spp. e <i>Fusarium</i> spp.	Hanada et al. (2010)

Café	<i>Coffea arabica</i> L	Folhas	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Xylaria</i> spp. e <i>Guignardia</i> spp.	Santamaría e Bayman, 2005
	<i>C. arabica</i> L. e outras espécies de café	Folhas, raízes, caules e grãos	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Penicillium</i> spp. e <i>Xylariaceae</i>	Vega et al. (2010)
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum</i> spp.	Folhas	<i>Ascomycota</i> phylum	Stuart et al. (2010)
Feijão Comum	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Folhas	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Hannaella</i> spp., <i>Cochliobolus</i> spp. e <i>Phomopsis</i> spp.	Gonzaga et al. (2014)
Laranja	<i>Citrus</i> spp.	Folhas e sementes	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Guignardia citricarpa</i> e <i>Cladosporium</i> sp.	Araújo et al. (2001)
Milho	<i>Zea mays</i> L.	Folhas e ramos	<i>Alternaria alternata</i> e <i>Aureobasidium pullulans</i> var. <i>melanigerum</i>	Fisher et al. (1992)
Soja	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Folhas	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Cochliobolus</i> spp., <i>Fusarium</i> spp. e <i>Xylaria</i> spp.	Leite et al. (2013)
		Folhas e raízes	<i>Ampelomyces</i> sp., <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Diaporthe helianthi</i> , <i>Guignardia mangiferae</i> , <i>Phoma</i> sp., <i>Fusarium</i>	Fernandes et al., 2015

			<i>oxysporum, Fusarium solani e Fusarium sp.</i>	
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Folhas, ramos, glumas e grãos	<i>Alternaria alternata, Cladosporium herbarum, Epicoccum nigrum, Cryptococcus sp., Rhodotorula rubra, Penicillium sp.e Fusarium graminearum</i>	Larran et al. (2007)
Uva	<i>Vitis vinifera</i> L.	Hastes	<i>Alternaria sp., Epicoccum nigrum e Aureobasidium pullulans</i>	Pancher et al. (2012)

---

Fonte: Adaptado de Santos e Souza (2017)

#### **4.1.2. Produção de compostos bioativos por fungos endofíticos**

Buscando analisar as atividades biológicas de micro-organismos endofíticos, estudos têm sido realizados para a descoberta de novos compostos bioativos e os resultados são positivos (Pamphile et al., 2014). Segundo Kusari et al. (2012), os fungos endofíticos se destacam pela quantidade de produtos naturais que fornecem, bem como pelas suas propriedades bioativas e metabólitos secundários que são, possivelmente, provenientes das interações metabólicas que ocorrem entre os fungos e as espécies vegetais. Isso faz das espécies fúngicas endofíticas grandes potenciais no desenvolvimento de antimicrobianos (Fernandes et al., 2009) e vários dos compostos produzidos são alternativas potenciais para uso farmacêutico, industrial e agrícola (Kaul et al., 2012).

A produção de compostos bioativos, característicos do metabolismo dos fungos endofíticos, em que a relação fungo-hospedeiro permite que o fungo realize a biossíntese de metabólitos que são naturalmente produzidos pelas plantas, é um processo sustentável e eficiente. Este, possibilita a substituição da espécie vegetal na produção de fármacos e agroquímicos, o processo independe de condições ambientais e ainda preserva a espécie hospedeira (Embrapa, 2012).

Os fungos endofíticos produzem substâncias de baixo peso molecular pertencentes a diferentes classes químicas como policetídeos, alcaloides, terpenos e peptídeos não ribossomais (Embrapa, 2012). Segundo Aly et al., (2010), os compostos bioativos podem atuar como hormônios reguladores de crescimento, antibacterianos, antibióticos, antifúngicos, antivirais, inseticidas, entre outros. Os metabólitos secundários têm grande importância biotecnológica e podem ser utilizados tanto na indústria farmacêutica, quanto na própria agricultura, como promotores de controle biológico de pragas, nematoides e outros patógenos e como vetores para a introdução de genes de interesse em espécies de plantas economicamente importantes (Aly et al, 2010).

A utilização desses compostos bioativos na agricultura podem, também, influenciar no crescimento vegetal (Davitt et al., 2011) e atuar diretamente no hospedeiro, induzindo a produção de compostos antagonistas aos patógenos, como as

fitoalexinas que inibem a presença de fitopatógenos ou promovendo uma alteração morfofisiológica na planta, como aumento da espessura da parede celular e da cutícula (Polli et al., 2012).

Considerando a importância e a possibilidade da utilização de metabólitos secundários de fungos endofíticos em produtos da rotina agrícola, Varughese et al. (2012) isolaram o fungo *Cordyceps dipterigena* de folhas de *Desmodium incomparabilis* e extraíram o composto Cordycepsidone, que controlou o crescimento do fitopatógeno *Gibberella fujikuroi*, que atua prejudicando gravemente a produtividade dos plantios de arroz por meio da produção excessiva de ácido giberélico, provocando um desequilíbrio hormonal.

Li et al. (2012) também conseguiram obter 16 compostos antifúngicos contra fitopatógenos a partir de uma cepa de *Aspergillus fumigatus* isolado da casca do caule da espécie vegetal *Melia azedarach*. Os compostos foram eficientes no controle de *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* e *Gibberella saubinetii*, sendo que, quatro deles ainda demonstraram resultados similares aos fungicidas comerciais carbendazim e himexazol. Além desses compostos, foram identificadas a fumitremorgina e o verruculogeno, substâncias capazes de inibir o apetite de larvas de lagartas como a *Mythimna separata*.

Zhao et al., (2012) obtiveram o composto griseofulvina a partir do fungo endofítico *Nigrospora* sp. extraído das raízes de *Moringa oleífera*, demonstrando atividade antagonista às espécies fitopatogênicas: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum orbiculare*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotium*. A Tabela 3 mostra exemplos de metabólitos secundários de origem endofítica com propriedades bioativas para uso na agricultura.

**Tabela 3** Metabólitos secundários de origem endofítica com propriedades bioativas

Micro-organismo	Planta	Metabólito	Atividade Biológica	Referências
<i>Phomopsis phaseoli</i>	<i>Betula pendula</i> e <i>Betula pubescens</i>	Ácido 3- hidroxipropiônico	Atividade nematicida contra <i>Meloidogyne incógnita</i> e <i>Caenorhabditis elegans</i>	Schwarz et al. (2004)
<i>Eupenicillium</i> spp.	<i>Murraya paniculata</i>	Alantrifenona, Alantripinena, Alantrileunona	Inseticida	Fábio et al. (2005)

Fonte: Adaptado de Firáková et al (2007).

## 4.2 Importância dos Fungos Endofíticos na Agricultura

Os fungos endofíticos desempenham um importante papel na agricultura, e vêm sendo cada vez mais utilizados como agentes de biocontrole de pragas e doenças e por influenciarem de forma positiva no crescimento vegetal pela produção de fitoreguladores (Afzal et al., 2014).

Segundo Afzal et al. (2014), os fungos endofíticos são capazes, ainda, de elevar a resistência das plantas à seca e auxiliar na fixação não simbiótica de nitrogênio atmosférico, tornando-os bons agentes alternativos e viáveis para uma produção agrícola mais sustentável. A indução de tolerância aos mais variados fatores como estresses abióticos, extremos de temperatura, deficiência nutricional e presença de metais tóxicos, também são algumas das vantagens da presença de endófitos em espécies vegetais (Grover et al., 2011).

Santos e Silva (2014) demonstraram que os fungos endofíticos também podem ser utilizados como antagonistas no controle biológico de patógenos de plantas. Sabe-se que o controle químico é o método mais utilizado no meio agrícola e de forma intensiva, mas o seu uso está aliado a várias desvantagens que incluem resistência microbiana, contaminação ambiental, contaminação do produtor, um elevado custo de produção (Santos e Silva, 2014), eliminação de inimigos naturais de diferentes pragas e danos na microbiota benéfica dos vegetais (Ethur et al., 2007). Dessa maneira, o uso de micro-organismos que possam inibir o desenvolvimento de fitopatógenos ou que possam atuar como entomopatogênicos é uma alternativa viável que pode reduzir ou até eliminar a necessidade de utilização de químicos na agricultura (Sousa; Soares e Garrido, 2009).

No entanto, segundo Santos e Varavallo (2011), para que o uso de endófitos seja implantado de fato no meio agrícola é necessária a reprodução no campo dos resultados experimentais obtidos cientificamente. Para isso, algumas condições devem ser definidas como a quantidade de endofíticos inoculados no hospedeiro, o meio mais adequado de entrada desse micro-organismo sua forma de ação (Santos e Varavallo, 2011).

A interferência de fatores externos também devem ser avaliados e levados em consideração. As condições climáticas intrínsecas de cada região e a relação com outras

plantas que transcorre no mesmo local são exemplos de fatores que podem influenciar nos testes (Barretti et al., 2009; Rocha et al., 2009).

#### **4.2.1 Fungos endofíticos na promoção do crescimento vegetal**

Alguns fungos endofíticos podem promover o crescimento de espécies vegetais (Jaber e Enkerli, 2016). A melhoria no crescimento de plantas a partir da presença de fungos endofíticos que auxiliam no crescimento vegetal pode acontecer através da síntese de fitormônios e/ou pela tolerância a estresses abióticos (Khan et al., 2015).

Muitos fungos endofíticos têm sido isolados de plantas de interesse econômico e alguns estudos que envolvem a relação com o crescimento vegetal têm atingido bons resultados (Santos e Souza, 2017). De forma geral, todo micro-organismo endofítico que se encontra envolvido com essa capacidade de promover o crescimento vegetal vai atuar de duas maneiras distintas que pode ser de forma direta ou indireta (Silva et al., 2006).

A forma direta, como já foi citado, ocorre por meio da produção dos fitormônios ou de substâncias análogas dos reguladores de crescimento. Já na forma indireta, a planta consegue ter um melhor desempenho em termos de crescimento devido à redução da microbiota patogênica ou deletéria ao vegetal (Silva et al., 2006). Esse estímulo de crescimento dado às plantas com a presença do fungo é interessante de ser desenvolvido no desenrolar das práticas agrícolas, levando a um aumento da produção de forma mais sustentável (Luz et al., 2006).

Dentre as espécies de fungos endofíticos envolvidos no processo de crescimento vegetal, a espécie *Piriformospora indica* é a mais utilizada, promovendo a colonização radicular de variadas espécies de plantas mesmo que estas estejam com algum tipo de estresse físico e nutricional. A utilização dessa espécie fúngica também se tornou interessante pela possibilidade de cultivo em meio sintético, favorecendo aplicações biotecnológicas (Pascholati et al., 2012).

No hospedeiro, a presença de *Piriformospora indica* poderá contribuir atuando positivamente na promoção do crescimento vegetal ou como biofertilizante em solos com alguma deficiência nutricional, como agente biorregulador de algumas funções fisiológicas das plantas como crescimento, floração prematura, elevação da produção de

sementes e indução de metabólitos em espécies medicinais, no combate à estresses bióticos e abióticos como ataque de pragas e fitopatógenos e auxiliando no processo de aclimação de espécies vegetais resultantes de culturas de tecido (Pascholati et al., 2012).

Já outras espécies com capacidade de promover o crescimento vegetal, *Fusarium moniliforme*, produz giberelina que promove alterações teratogênicas nos hospedeiros e a espécie *Epicoccum purpuraceus* eleva a capacidade germinativa de sementes em que está presente (Omojasola e Adejoro, 2018). Segundo Nascimento (2015) as espécies fúngicas do gênero *Fusarium* são responsáveis por causarem muitas doenças em plantas de interesse econômico. Entretanto, ainda são responsáveis pela produção de muitos compostos benéficos que inibem o crescimento de fitopatógenos que causam doenças em espécies agrícolas.

#### **4.2.2 Fungos endofíticos no controle de fitopatógenos e fitonematóides**

Micro-organismos endófitos, de modo geral, possuem a capacidade de colonização do hospedeiro assim como as espécies patogênicas, tornando-os propícios para técnicas de biocontrole (Santos e Varavallo, 2011).

Para que a utilização desses micro-organismos na agricultura obtenha melhores resultados, é interessante fazer uma pré-seleção das espécies que serão utilizadas, optando por aquelas que sejam mais competitivas que as espécies patogênicas, que consigam inibi-las de forma mais satisfatória e que ocupem, na planta, local similar ao do fitopatógeno (Murphy et al., 2018). Esse procedimento aumenta a chance de contato entre patógeno e endófito, que de forma natural, ocorreria ao acaso, prejudicando o controle biológico (Peixoto Neto et al., 2002).

As espécies selecionadas para testes de biocontrole podem ser selvagens ou transgênicas para o gene codificador de controle biológico e os fungos foram os primeiros a serem utilizados (Azevedo et al., 2000). Diferentes táticas foram utilizadas para proteção da planta contra a ação de fitopatógenos através da competição por sítios de colonização e nutrientes, produzindo antibióticos, induzindo resistência na espécie vegetal (Ownley et al., 2010), produzindo substâncias antagônicas ou parasitando o patógeno, por exemplo (Araújo et al., 2010), que pode ter suas células parasitadas pelo

endófito e destruídas pela ação de enzimas líticas, como quitinases e proteases (Peixoto Neto et al., 2002).

Segundo Ryan et al. (2008) a forma de proteção a partir da indução de resistência sistêmica (IRS) na planta é a técnica mais significativa empregada no biocontrole. A penetração ativa do endófito na planta leva à indução da síntese de compostos que podem ter efeitos sobre o patógeno ou podem alterar o vegetal fisiologicamente e/ou morfológicamente. Além disso, a deposição de lignina e glucanas na parede celular para aumento da sua espessura, bem como o aumento da espessura da cutícula e a síntese de fitoalexinas para prejudicar a entrada do patógeno e seu desenvolvimento, são algumas das alterações que podem ocorrer nesse processo.

Ocasionalmente, alguns micro-organismos endofíticos também podem ser utilizados no controle de nematoides. Os fungos endófitos podem produzir alcaloides que desenvolvem funções inseticidas e nematicidas. A espécie fúngica *Fusarium oxysporum*, por exemplo, atua na produção de alcaloides contra o nematoide *Meloidogyne incognita* (Esposito e Azevedo, 2010).

#### **4.2.3 Fungos endofíticos no controle de insetos**

Os fungos endofíticos costumam atuar no controle da herbivoria de insetos alterando as suas preferências e o seu desempenho, reduzindo, conseqüentemente, os danos provocados nas plantas (Gange et al., 2012). Alguns compostos metabolizados pelos endófitos também podem elevar a susceptibilidade do inseto em relação aos mecanismos de defesa vegetal e ainda pode ocorrer a síntese de substâncias tóxicas para os herbívoros a partir de estímulos ativados por enzimas ou outros compostos produzidos por esses micro-organismos, que agem em genes específicos, levando a produção de substâncias eficazes no desempenho dos hospedeiros contra o ataque de herbívoros (Fürstenberg-Hägg et al., 2013).

Insetos das ordens dos Afídios, Coleópteros, Hemípteros e Lepidópteros tiveram redução de incidência em testes com gramíneas dos gêneros *Lolium* e *Festuca* associadas com o fungo *Neotyphodium* (Peixoto Neto et al., 2002). Muitos fungos entomopatogênicos possuem capacidade de ultrapassar a cutícula dos insetos devido uma combinação entre enzimas degradantes e pressão mecânica (Barelli et al., 2016).

Dentre os fungos entomopatogênicos, os gêneros *Metarhizium* e *Beauveria* se destacam como potenciais na patogenia de insetos, sendo as espécies *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* as principais no potencial de colonização como endofíticas (Jaber e Enkerli, 2016).

### **4.3 Ocorrência de Fungos Endofíticos em Culturas Agrícolas e Florestais de Importância Econômica**

Segundo Murphy et al. (2018) toda capacidade de produção de compostos antimicrobianos pelos fungos endofíticos, que podem atuar no controle de pragas e de fitopatógenos, têm sido testados e realizados em espécies vegetais agrícolas de valor econômico. No entanto, ainda existem alguns entraves para o uso concreto de endofíticos no meio agrícola, como, por exemplo, saber quais espécies são eficazes e consistentes para a produção em escala comercial (Silva e Bettiol, 2009). São necessários testes em condições controladas de forma a facilitar o manejo de grandes quantidades de isolados (Guetskyl et al., 2002).

Os estudos com fungos endofíticos de espécies vegetais de interesse agrônomico também devem levar em consideração as interações existentes entre os micro-organismos, suas aplicações e seu deslocamento no hospedeiro, uma vez que já foi relatado na literatura que a atuação dos endofíticos não acontece de forma individual, mas a partir de relações com a microbiota nativa e com o metabolismo da planta em que está inserido (Strobel, 2018). O desenvolvimento de pesquisas que envolvam esse tipo de interação e que trabalhe com a mistura de isolados endofíticos benéficos de forma a elevar a capacidade de controle de doenças e de promoção de crescimento, seria de grande relevância e viabilizaria a introdução desses micro-organismos nas práticas agrônomicas (Silva e Bettiol, 2009).

Segundo Arnold (2008), os fungos endofíticos são capazes de produzir diferentes compostos *in vitro* que conferem inibição do crescimento de outros micro-organismos. Essa habilidade antagonista tem despertado o interesse de pesquisadores quanto à bioprospecção de fungos endofíticos e o uso para controle biológico. Os principais mecanismos de ação antagonista que controlam o crescimento de fungos fitopatogênicos são: antibiose, competição por espaço e nutrientes, micoparasitismo,

predação, indução de resistência e secreção de substâncias antibióticas (Fernández-Larrea, 2001). Os antagonistas podem agir de maneiras distintas, não se limitando a um único meio de ação. Essa multiplicidade é importante no controle e reduz os riscos de desenvolvimento de fitopatógenos resistentes (Estay, 2006).

As Tabelas 4 e 5 permitem a visualização de alguns resultados de trabalhos envolvendo o uso de fungos endofíticos no biocontrole de fitopatógenos e como promotores do crescimento vegetal para aumento da produção, respectivamente.

**Tabela 4** Resultado da atividade antagonista de fungos endofíticos na inibição do crescimento de fungos fitopatogênicos de espécies vegetais de importância econômica

Hospedeiro	Fungo Endofítico	Atividade antagonista contra	Referência
Banana ( <i>Musa</i> spp.)	<i>Nigrospora oryzae</i> <i>Pestalotiopsis maculans</i> <i>Nodulisporium gregarium</i>	<i>Cladosporium musae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Colletotrichum musae</i> , <i>Deightonella torulosa</i> , <i>Pseudocercospora musae</i> , <i>Mycosphaerella</i> <i>musicola</i> .	Assunção (2010)
Café ( <i>Coffea arabica</i> )	<i>Muscodor coffeanum</i> <i>Muscodor vitigenus</i> <i>Muscodor yucatanensis</i> <i>Simplicillium</i> sp.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Phoma</i> sp., <i>Botrytis</i> <i>cinerea</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Cercospora</i> <i>coffeicola</i> , <i>Pestalotia longisetula</i>	Monteiro et al. (2017)
Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> <i>benthamii</i> )	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp.	<i>Botrytis cinerea</i>	Sbravatti Júnior et al. (2013)
Milho ( <i>Zea mays</i> )	<i>Curvularia</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	Mello et al. (2010)

Morango ( <i>Fragaria</i> spp.)	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Nigrospora</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Paecilomyces</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Ulocladium</i> sp., <i>Phoma</i> sp., <i>Biopolaris</i> sp., <i>Lecanicillium</i> sp.	lagarta-da-coroa ( <i>Duponchelia fovealis</i> )	Amatuzzi (2014)
Soja ( <i>Glycine max</i> )	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Colletotrichum</i> <i>truncatum</i> , <i>Coprinellus radians</i> , <i>Fusarium equiseti</i> , <i>Guignardia vaccinii</i> , <i>G. mangiferae</i> , <i>Myrothecium</i> <i>inundatum</i> , <i>Myrothecium</i> sp., <i>Phaeosphaeriopsis</i> sp.	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Phomopsis</i> sp.	Fernandes (2015)
	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Monographella</i> sp. , <i>Xylaria berteri</i>	
	<i>Aspergillus</i> spp., <i>Phomopsis</i> spp., <i>Bipolaris</i> spp., <i>Nectria</i> sp., <i>Nigrospora</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Phoma</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Botryotrichum</i> sp.	<i>Alternaria solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phomopsis</i> sp., <i>Fusarium</i> <i>solani</i>	Bernardi-Wenzel et al. (2012)

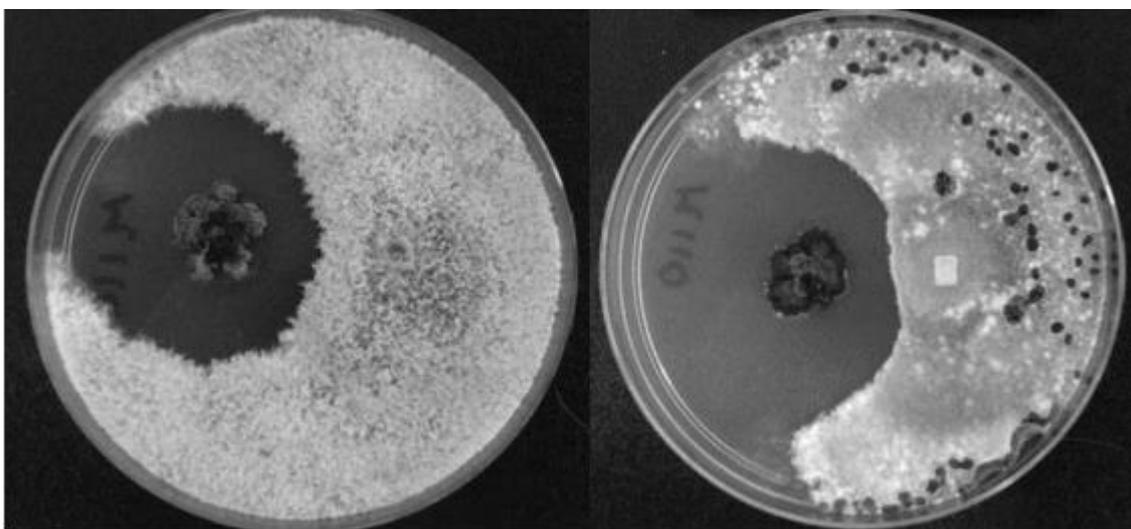
---

**Tabela 5** Resultado da inoculação de fungos endofíticos em espécies vegetais de importância econômica

Hospedeiro	Fungo Endofítico Inoculado	Atividade	Referência
Eucalipto <i>(Eucalyptus grandis x híbridos de Eucalyptus urophylla)</i>	<i>Trichoderma</i> sp.	Maior crescimento de caule	Luciana et al. (2016)
	<i>Fusarium</i> sp.	Maior número de folhas e maior quantidade de biomassa seca e fresca	
Eucalipto <i>(Eucalyptus camaldulensis)</i>	<i>Trichoderma harzianum e Trichoderma virens</i>	Maiores incrementos de folha e massa da parte aérea e das raízes	Azevedo et al. (2017)
Feijão <i>(Phaseolus vulgaris)</i>	<i>Acremonium</i> sp., <i>Muscodor</i> sp., <i>Simplicillium</i> sp.	Aumento de 48% na produção dos grãos	Hayashiba (2017)

Em um trabalho realizado com a soja (*Glycine max*), no qual um dos objetivos visava avaliar a inibição do crescimento de fungos fitopatogênicos *in vitro* a partir da produção de compostos antimicrobianos por fungos endofíticos, Fernandes (2015) testou a ação antagonista de 178 espécies de fungos endofíticos em cinco espécies de fungos fitopatogênicos: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phomopsis* sp., *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum truncatum*. Nos resultados, analisados a partir da formação do halo de inibição por meio de testes de cultura pareada, o fitopatógeno *Phomopsis* sp. foi o mais vulnerável a inibição do crescimento pelas espécies endofíticas, sendo inibido por 55 delas (30,9%). O fungo *S. sclerotiorum* foi inibido por 42 (23,6%) e *F. oxysporium* inibido por 11 (6,2%). Não houveram alterações de crescimento das espécies *C. truncatum* e *F. solani* por nenhum dos 77 fungos endofíticos que tiveram ação antagonista. Os endofíticos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum truncatum*, *Coprinellus radians*, *Fusarium equiseti*, *Guignardia vaccinii*, *G. mangiferae*, *Myrothecium inundatum*, *Myrothecium* sp. e *Phaeosphaeriopsis* sp. inibiram de forma eficaz o desenvolvimento dos fungos fitopatogênicos *S. sclerotiorum* e *Phomopsis* sp. Para a espécie patogênica *F. oxysporum*, houve antagonismo das espécies *Monographella* sp. e *Xylaria berteri*. Os demais fungos testados não foram capazes de influenciar no crescimento de qualquer um dos fitopatógenos *in vitro*. A Figura 3 mostra o resultado de um teste de antagonismo realizado durante o experimento, em que foi possível observar um grande halo de inibição, formado, provavelmente, devido a liberação de compostos no meio de cultura.

**Figura 3.** Halo de inibição do crescimento de *Phomopsis* sp. (esquada) e *Sclerotinia sclerotiorum* (direita) apresentado pelo fungo filamentosso endofítico *Guignardia mangiferae* F75 após 10 dias à 27°C em meio BDA.



Fonte: Fernandes (2015).

Em outros trabalhos também realizados com a soja, Bernardi-Wenzel et al. (2012) isolaram 31 fungos endofíticos de diferentes morfotipos a partir de 200 fragmentos foliares de soja amostrados. Dentre os isolados identificados através de microcultivo e análise morfológica com chave de identificação, determinou-se o gênero de 16 deles, em um agrupamento de 10 gêneros distintos: *Aspergillus* spp., *Phomopsis* spp., *Bipolaris* spp., *Nectria* sp., *Nigrospora* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Phoma* sp., *Alternaria* sp. e *Botryotrichum* sp.

De forma geral, os fungos dos gêneros *Phomopsis*, *Bipolaris* e *Fusarium* são descritos como fitopatógenos, mas em alguns casos, como esses, foram isolados como endofíticos, não causadores de danos aparentes na espécie vegetal (Bernardi-Wenzel et al. 2012). Isso comprova os estudos que afirmam que micro-organismos endofíticos podem viver todo ou apenas parte do seu ciclo de vida na condição de endofítico. Os fungos do gênero *Phomopsis* são globais e a sua presença já foi identificada tanto em espécies agrícolas como florestais, nativas e exóticas (Fumiko, 2013). O gênero *Bipolaris* engloba os fungos pertencentes a classe Hyphomycetes e a família *Dematiaceae* (Alexopoulos e Mims, 1996).

Amatuzzi (2014) identificou 13 gêneros de fungos endofíticos em folhas de morangueiro: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Nigrospora*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Alternaria*, *Paecilomyces*, *Penicillium*; *Ulocladium*, *Phoma*, *Biopolaris* e *Lecanicillium*, os quais foram utilizados em testes de controle biológico da lagarta-da-coroa (*Duponchelia fovealis*). A partir dos resultados obtidos em bioensaios, as espécies fúngicas mais eficientes na mortalidade de *D. fovealis* pertencem aos gêneros *Fusarium* e *Paecilomyces*.

Assunção (2010) identificou 40 espécies de fungos endofíticos em folhas de quatro cultivares de bananeira ('Pacovan', 'Nanicão', 'Prata-Anã' e 'Maçã'). Dentre as espécies, *Acremonium polychoroma*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Deightoniella torulosa*, *Fusarium solani*, *Nigrospora oryzae*, *Nodulisporium gregarium*, *Paecilomyces lilacinus*, *Pestalotiopsis maculans* e *Guignardia musae* foram os mais recorrentes. Foram realizados testes de antagonismo contra os fitopatógenos *Cladosporium musae*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum musae*, *Deightoniella torulosa*, *Pseudocercospora musae* e *Mycosphaerella musicola*. Como resultado, os endofíticos *Nigrospora oryzae*, *Pestalotiopsis maculans* e *Nodulisporium gregarium* foram eficientes contra todas as espécies patogênicas testadas.

Sbravatti Júnior et al. (2013) também testaram a ação inibitória de fungos endofíticos de *Eucalyptus benthamii* sobre o crescimento *in vitro* de *Botrytis cinerea*. O controle biológico desse fitopatógeno é de grande interesse florestal, uma vez que causa o mofo cinzento em mudas de eucalipto no viveiro, doença recorrente e que leva a grandes prejuízos na produção. Dos 62 fungos isolados, foram identificados nove isolados: *Alternaria* sp., *Amblyosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Trichoderma* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Phoma* sp. e *Helminthosporium* sp. Dentre eles, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Trichoderma* sp. conseguiram reduzir o crescimento micelial do fitopatógeno e não provocaram lesões nas folhas de *Eucalyptus benthamii*, sendo, assim, potenciais antagonistas para a doença. Apesar dos testes serem desenvolvidos *in vitro*, segundo Kupper et al. (2003), os resultados podem indicar se o uso dessas espécies de fungos endofíticos serão viáveis no biocontrole a partir de uma infecção natural.

Luciana et al. (2016) testaram a ação de fungos endofíticos na promoção do crescimento de mudas clonadas de *Eucalyptus grandis* x híbridos de *Eucalyptus urophylla*. Os fungos *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp. e *Papulaspora* sp. foram inoculados no sistema radicular das mudas testadas e o resultado foi positivo, com um aumento no comprimento e no diâmetro do caule e na quantidade de biomassa seca e fresca, quando comparadas com as mudas não inoculadas. O fungo *Trichoderma* sp. promoveu o maior crescimento de caule nas mudas e o fungo *Fusarium* sp. promoveu o desenvolvimento de um maior número de folhas, bem como uma maior quantidade de biomassa seca e fresca quando comparadas com as outras mudas testadas.

Azevedo et al., (2017) avaliaram o potencial de desenvolvimento e a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma virens*. Os resultados foram positivos para ambas as espécies de *Trichoderma*. Houveram maiores incrementos totais, do número de folhas e das massas secas das raízes e da parte aérea das mudas quando comparadas ao controle. Isso evidencia as vantagens da utilização de *Trichoderma* como uma alternativa viável em práticas de viveiros florestais, pois além de melhorar a qualidade das mudas ainda atua no controle de fitopatógenos.

Monteiro et al. (2017) isolaram 400 fungos endofíticos de *Coffea arabica* (café) e selecionaram aqueles produtores de compostos orgânicos voláteis (COVs). Os COVs produzidos pelas espécies fúngicas selecionadas (*Muscodor coffeanum*, *Muscodor vitigenus*, *Muscodor yucatanensis*, *Simplicillium* sp.) inibiram o crescimento dos fungos fitopatogênicos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma* sp., *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, *Fusarium verticillioides*, *Cercospora coffeicola* e *Pestalotia longisetula*. Os COVs produzidos pelo fungo *Muscodor coffeanum* apresentaram efeito fungicida contra *Aspergillus ochraceus* em grãos de café.

Hayashibara (2017) testou o efeito de fungos endofíticos dos gêneros *Acremonium*, *Muscodor* e *Simplicillium* no desenvolvimento das cultivares de feijão BRSMG Madrepérola e BRSMG União. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e os fungos foram inoculados via contato direto com a semente. Os resultados obtidos indicaram que os isolados *Muscodor vitigenus* (C20), *Simplicillium* sp. (C18) e

*Acremonium* sp. (C19) mostraram-se potenciais no crescimento do feijoeiro. De acordo com os autores, também foram observados bons resultados quanto a produção de grãos, com um aumento de 48% quando comparados ao controle, indicando que a presença desses fungos endofíticos é propícia e favorável na cultura do feijão.

Após testes de antagonismo *in vitro*, Mello et al. (2009) identificaram o fungo endofítico *Curvularia* sp. isolado do milho crioulo como antagonista do fungo fitopatogênico *Fusarium* sp., inibindo seu crescimento de forma significativa. A fusariose é uma doença grave e com grandes proporções na cultura do milho, reduzindo em grandes números a produção. Os resultados positivos para o teste *in vitro* são essenciais para o desenvolvimento de técnicas para o biocontrole em campo.

#### **4.4 Principais Gêneros Isolados em Culturas Agrícolas e Florestais de Importância Econômica**

Os gêneros de fungos endofíticos mais frequentes nas culturas destacadas nessa revisão foram *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Xylaria*, *Cladosporium* e *Penicillium*. Existem diferentes hipóteses para a relação existente entre a especificidade do fungo endofítico para com o seu hospedeiro. Segundo Rodrigues e Petrini (1997) existe uma relação de dominância entre os fungos que aparecem frequentemente em uma planta específica quando comparado com àqueles que aparecem raramente. Entretanto, Sieber et al. (1991) acreditam na existência de um conjunto específico de fungos para cada planta. Para Pereira (1993), os fungos endofíticos cosmopolitas, que possuem grande ubiquidade não apresentam uma dominância determinada para as espécies vegetais e para Piontelli et al. (2006), a vegetação, o clima e até mesmo a latitude são influenciadores da comunidade endofítica presente nas plantas.

Os fungos do gênero *Colletotrichum* são *Ascomycotas* da família Glomerellaceae. Possuem uma ampla distribuição geográfica e estão presentes em diferentes hospedeiros (Cannon et al., 2012), em especial, culturas agrícolas, como causador de graves doenças economicamente importantes (Dean et al., 2012). Essas doenças são denominadas antracnoses e os sintomas se desenvolvem, principalmente, nas folhas e frutos das plantas infectadas, atingindo seu estado mais severo nas

regiões tropicais e subtropicais. A disseminação do fungo ocorre de planta a planta por vias aéreas ou de uma área a outra por meio de sementes contaminadas (Menezes, 2013). Os fungos desse gênero podem habitar o interior das espécies vegetais sem causar danos ou podem desenvolver patogenicidade, sendo que, a fase endofítica pode durar apenas um período de tempo até que as condições para patogenia estejam favoráveis ou até que a planta desenvolva algum estresse que dê início ao processo de infecção (Hyde, 2009). Devido a possibilidade de desenvolverem diferentes modos de vida, espécies do gênero *Colletotrichum* podem ser encontradas como endofíticas, habitando diferentes partes das plantas sem provocar danos (Kleemann, 2012). Segundo dados de Souza e Santos (2017), isolados do gênero *Colletotrichum* foram encontrados de forma assintomática em folhas de *Musa acuminata* Colla (banana), folhas e raízes de *Coffea arabica* L (café), folhas de *Phaseolus vulgaris* L. (feijão), folhas e sementes de *Citrus* spp. e em folhas e raízes de *Glycine max* L. (soja).

Assim como as espécies do gênero *Colletotrichum*, os fungos do gênero *Fusarium* também são muito bem distribuídos geograficamente, sendo encontrado nas regiões tropicais, subtropicais ou temperadas. Podem ocorrer de forma específica a algum ambiente ou de forma cosmopolita (Burgess, 1994). O gênero pertence à família Tuberculariaceae de fungos filamentosos que são encontrados predominantemente no solo e agregados às plantas (Li et al., 2016). São conhecidos, principalmente, pela sua importância fitopatológica, uma vez que trazem danos às mais variadas espécies vegetais de interesse econômico (Li et al., 2016). Segundo Summerell et al. (2003), diferentes espécies desse fungo já foram encontradas causando doenças em importantes culturas agrícolas, sendo alguns exemplos a murcha da folha de bananeira provocada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, podridão em espiga de milho por *F. graminearum* e *F. subglutinans*, murcha da folha do tomate por *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, podridão em talos de soja por *F. andiyazi*, *F. proliferatum* e *F. thapsinum* e má formação em pés de manga por *F. manginifera*. No entanto, apesar de serem identificados muitas vezes sob as condições de patógeno, os fungos do gênero *Fusarium* já foram isolados na condição de endofítico, produzindo diferentes tipos de metabólitos secundários e substâncias bioativas (Shah et al., 2017). Os dados trazidos por Souza e Santos (2017) nessa

revisão mostram a presença de *Fusarium* como endofítico em ramos, galhos e caule de *Theobroma cacao* L. (cacau), folhas, raízes, caules e grãos de *Coffea arabica* L. (café), folhas e raízes de *Oryza sativa* L. (arroz), folhas e raízes de *Glycine max* L. Merr. (soja) e em folhas, ramos e grãos de *Triticum aestivum* L. (trigo).

O gênero *Alternaria* pertence ao filo Deuteromycota e família Dematiaceae (Simmons, 2007) também compreende fungos que detém de grande ubiquidade e se encontram associados às mais variadas espécies vegetais vivendo de modo patogênico, endofítico ou saprofítico (Thomma, 2003). Também são conhecidos por causarem graves doenças em plantios de culturas economicamente importantes, levando a grandes perdas na produção (Hou et al., 2016). Este fungo já foi encontrado como fitopatógeno provocando vários danos em solanáceas, apiáceas, aliáceas, crucíferas, cucurbitáceas, asteráceas e chichoriáceas. A doença mais comum do gênero é típica de áreas tropicais e denomina-se pinta preta. Provoca manchas escuras, necróticas e circulares na parte aérea das plantas (Töfoli, Domingues e Ferrari, 2015). Sua ocorrência como fungo endofítico, ou seja, sem provocar danos à planta, foi citada em um trabalho de Souza e Santos (2017), onde isolados foram encontrados em hastes de *Vitis vinifera* L.(uva), folhas e ramos de *Zea mays* L. (milho) e em folhas, ramos e grãos de *Triticum aestivum* L. (trigo).

Os fungos do gênero *Xylaria* são Ascomycotas da família Xylariaceae. Tem frequente ocorrência como endofítico e conseguem produzir metabólitos secundários de diferentes classes (Song et al., 2014), atuando como antifúngicos, anticolinesterásicos ou citotóxicos (Cafêu, 2007). São encontrados, ainda, vivendo de forma saprofítica, alimentando-se de restos vegetais e organismos em decomposição (Putzke, Putzke, 2004). Os fungos desse gênero englobam uma grande quantidade de espécies, que estão presentes, em sua maioria, nas regiões tropicais (Silva, 2005). Pela quantidade de substâncias bioativas que produz, o gênero tem potencial como endofítico e já foi isolado nessas condições em folhas de *Musa acuminata* Colla (banana) folhas, raízes e grãos de *Coffea arabica* L. (café) e em folhas de *Glycine max* (L.) Merr. (soja) (Souza e Santos, 2017).

Os fungos do gênero *Cladosporium* também são Ascomycotas da família Cladosporiaceae. É um gênero bastante heterogêneo e cosmopolita, sendo encontrado nos mais variados ambientes e regiões, em especial, regiões temperadas (Zoppas et

al., 2011). São importantes decompositores e causadores de alergias no homem, nos animais e doenças em espécies vegetais (Bensch et al., 2012). Além dessa condição, podem atuar como fitopatógenos, provocando lesões e manchas em folhas (Revankar e Sutton, 2010) ou como endófitos, parasitando fungos, inclusive (Nascimento et al., 2015). A revisão de Souza e Santos (2017) informa a presença de isolados de *Cladosporium* como endofítico em folhas e sementes de *Citrus* spp., folhas e raízes de *Oryza sativa* L. (arroz), folhas e raízes de *Glycine max* (L.) Merr. (soja) e folhas, ramos e grãos de *Triticum aestivum* L. (trigo).

Os fungos do gênero *Penicillium* também são encontrados como endofíticos e são produtores de muitos metabólitos secundários (Phipps et al., 2011), se destacando com uma produção 73% maior quando comparado com outros microorganismos (Silva et al., 2010). São classificados como fungos filamentosos Ascomycotas da família Trichomaceae (Pereira, 2006). Muitas espécies de endofíticos já foram identificadas com esse gênero, tendo ocorrido em maior quantidade em *Zea mays* L. (milho) e *Carya illinoensi* K. (noz-pecã) (EMBRAPA, 2010). Dentre os compostos produzidos, encontram-se antibióticos, micotoxinas, antioxidantes, anticancerígenos, inseticidas, herbicidas, enzimas e fungicidas (Frisvad, et al., 2004). Segundo dados informados por Souza e Santos (2017), isolados do gênero *Penicillium* foram encontrados em folhas, raízes, caule e grãos de *Coffea arabica* L. (café), folhas e raízes de *Oryza sativa* L. (arroz), folhas e hastes de *Hevea brasiliensis* L. (seringueira) e em folhas, ramos e grãos de *Triticum aestivum* L. (trigo).

Outro exemplo de fungo endofítico com importante destaque na agricultura são os fungos do gênero *Trichoderma* (Azevedo et al., 2017). Estes, caracterizam-se como potenciais fungos endofíticos, visto que já foram testados em diferentes espécies vegetais, trazendo tanto benefícios em relação a um melhor desenvolvimento da planta quanto promovendo a proteção contra fitopatógenos (Azevedo et al., 2017). Tornou-se, por isso, um dos fungos mais estudados em laboratórios e casas de vegetação no Brasil, e em estufas e nos campos, em Portugal (Hoyos-Carvajal et al., 2009; Louzada et al., 2009). São fungos encontrados predominantemente em regiões de clima temperado e tropical colonizando, principalmente, o solo ou madeira (Harman et al., 2004).

O primeiro trabalho utilizando *Trichoderma* foi desenvolvido em 1936 por Weindling e Fawcett, na tentativa de controlar doenças em plantios de citros causadas por *Rhizoctonia solani* Kuhn (Hoyos Carvajal et al., 2009). Posteriormente, algumas pesquisas ocorreram na tentativa de utilização desse fungo para aumento da produção de diferentes culturas agrícolas como cravo, crisântemo, pepino, berinjela, ervilha, pimentão, rabanete, tabaco, tomate, alface, cenoura, milho, algodão, feijão, arroz, grão-de-bico, eucalipto, entre outras (Hoyos Carvajal et al., 2009). Desde então, o gênero *Trichoderma* se destacou como uma alternativa promissora para uso na agricultura comercial, em vista da substituição ou redução de agroquímicos e de uma rotina de cultivos mais sustentáveis (Morandi e Bettioli, 2009).

A inoculação do fungo *Trichoderma*, pode ser feita diretamente na semente, no substrato, no sulco de plantio ou até mesmo através da matéria orgânica que será incorporada ao solo, previamente ao plantio (Lucon, 2009) e os mecanismos de ação de *Trichoderma* para o controle de fitopatógenos ou para promover o crescimento vegetal são diversos. A inibição dos patógenos envolve ações de competição, parasitismo, micoparasitismo, produção de metabólitos secundários (Harman, 2000), antibiose (Stadnik e Bettioli, 2000) e indução de resistência (Romeiro, 2007). Já o aumento de incrementos como altura, peso seco e crescimento de raízes ocorre a partir da sua ação bioestimulante, levando à produção de fitohormônios que promovem a absorção de nutrientes de forma mais eficiente pela planta (Contreras-Cornejo et al., 2009). Alguns exemplos de substâncias sintetizadas por *Trichoderma* como metabólitos secundários podem ser analisadas na Tabela 6.

**Tabela 6** Substâncias produzidas por *Trichoderma* e suas atividades

<b>Substância</b>	<b>Atividade</b>	<b>Referência</b>
Ácido indolacético (auxina)	Promoção do crescimento	Filho et al. (2008); Gravel, Antoun e Tweddell (2007)
Enzimas hidrolíticas extracelulares	Antagonista	Thrane, Jensen e Tronsmo (2000)
Gliotoxina, viridina, trichodermina, suzucacilina, alameticina, dermadina	Antibiótica	Bastos (1991)
Proteases	Degrada enzimas sintetizadas pelo patógeno	Harman (2000)
Quitinases, glucanases e peroxidases	Indução de resistência	Romeiro (2007)
Sideróforos	Solubilização	Hoyos-Carvajal et al. (2009)

Fonte: Machado et al. (2012)

As espécies do gêneros *Trichoderma*, apesar de apresentarem suas vantagens testadas em diferentes culturas e espécies florestais, como mostra a Tabela 7, possuem um baixo uso durante as práticas agrícolas e florestais, tanto como agente de biocontrole quanto como promotor do crescimento vegetal (Machado et al., 2012).

**Tabela 7** Substâncias produzidas por *Trichoderma* e suas atividades

<b>Planta</b>	<b><i>Trichoderma</i>/ isolado</b>	<b>Referência</b>
Eucalipto	<i>Trichoderma</i> spp. E15	Fortes et al. (2007)
Eucalipto	<i>Trichoderma harzianum</i> CEN262	Filho et al. (2008)
Milho	<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Luz (2001)
Milho	<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Harman et al. (2004b)
Milho	<i>Trichoderma harzianum</i>	Resende et al. (2004)
Grão de Bico	<i>Trichoderma harzianum</i>	Jyotsna et al. (2008)
Feijão	<i>Trichoderma</i> spp.	Hoyos-Carvajal et al. (2009)
Arroz	<i>Trichoderma</i> spp.	Almança (2005)
Pepino	<i>Trichoderma harzianum</i> T-203	Yedidia et al. (2001)
Tomate	<i>Trichoderma atroviride</i>	Gravel et al. (2007)
Rabanete	<i>Trichoderma harzianaum</i>	Kleifeid e Chet (1992)

Fonte: Machado et al. (2012)

Uma possível explicação para essa baixa aplicabilidade, seria a falta de propagação de informações acerca das vantagens do uso de bioprodutos e de como eles podem atuar. Isso tanto restringe o consumidor de saber sobre as consequências do uso indiscriminado de agrotóxicos, como não atualiza o produtor sobre as possibilidade de introdução e de uso desses produtos na agricultura (Machado et al., 2012).

## 5 CONCLUSÃO

Os fungos endofíticos apresentam um elevado potencial de uso para fins agronômicos, sendo encontrados nas mais variadas culturas agrícolas e florestais, promovendo benefícios como melhorias na qualidade das plantas, aumento da produção, maior resistência, redução de estresse, maior absorção de nutrientes e controle de doenças. No entanto, são relativamente pouco estudados e explorados.

É necessário um maior número de pesquisas que envolvam a parte ecológica do uso desses micro-organismos como agentes de biocontrole nas rotinas agrícolas e florestais.

Ainda é necessária a intensificação de trabalhos que possam envolver a utilização de um conjunto de isolados e suas possíveis reações positivas em culturas de interesse econômico e pesquisas para o desenvolvimento de formulações de bioprodutos a partir de fungos endofíticos, a fim de aumentar a integração do uso desses agentes como alternativas ao uso de inseticidas e defensivos agrícolas. A intensificação dos estudos incentivadores do uso de bioformulados na agricultura, possivelmente expandiria as práticas agrícolas alternativas e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- AFZAL, M.; KHAN, Q. M.; SESSITSCH, A. Endophytic bacteria: Prospects and applications for the phytoremediation of organic pollutants. **Chemosphere**, v. 17, p. 232-242, 2014.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W. *Introductory Mycology*. 4th ed. John Wiley, New York, p.338-343. 1996.
- ALY, A. H.; DEBBAB, A.; KJER, J.; PROKSCH, P. Fungal endophytes from higher plants: a prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 41, n. 1, p. 1–16, 2010.
- ALY, A. H.; DEBBAB, A.; PROKSCH, P. Fungal endophytes: unique plant inhabitants with great promises. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlin, v. 90, n. 6, p. 1829–1845, 2011.
- AMATUZZI, R. F., et al. “Potential of endophytic fungi as biocontrol agents of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera:Crambidae)”. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 78, no 3, novembro de 2017, p. 429–35. doi:10.1590/1519-6984.166681. 2014.
- ARAÚJO, W. L.; LACAVA, P. T.; MARCON, J.; LIMA, A. O. S.; SOBRAL, J. K.; PIZZIRANI-KLEINER, A. A.; AZEVEDO, J. L.; Guia Pratico: Isolamento e Caracterização de Microrganismos Endofíticos, CALO: Piracicaba, 2010.
- ARNOLD, A. E. Endophytic fungi: hidden components of tropical community ecology. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A (Eds.). **Tropical Forest Community Ecology**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2008.
- ARNOLD, A. E.; MAYNARD, Z.; GILBERT, G. S.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? **Ecology Letters** v.3, n.4, p.267-274, 2000.
- ASSUNÇÃO, M. M. C. Fungos endofíticos isolados de folhas de bananeira (*Musa* spp.) e seleção de antagonistas a fitopatógenos dessa cultura. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- AZEVEDO, G. B. de, et al. “Efeito de *Trichoderma* spp. no crescimento de mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis*”. **Scientia Forestalis**, vol. 45, no 114, julho de 2017. doi:10.18671/scifor.v45n114.10.
- AZEVEDO, J. A. Endophytic Fungi from Brazilian Tropical Hosts and Their Biotechnological Applications. In: KHARWAR, RN et al. (eds.). **Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security**, Springer India, 17-22p, 2014.
- AZEVEDO, J. L.; MACCHERONI JUNIOR, W.; PEREIRA, J. O.; ARAÚJO, W. L. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 40-65, 2000.
- BARELLI, L., et al. Fungi with Multifunctional Lifestyles: Endophytic Insect Pathogenic Fungi. **Plant Molecular Biology**, vol. 90, nº 6, p. 657–64. 2016. doi:10.1007/s11103-015-0413-z.
- BARRETTI, P. B.; ROMEIRO, R. S.; MIZUBUTI, E. S. G.; SOUZA, J. T. Seleção de bactérias endofíticas de tomateiro como potenciais agentes de biocontrole e de promoção de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 2038-2044, 2009.

- BENSCH, K. et al. The genus *Cladosporium*. **Studies in Mycology** 72: 1–401. 2012.
- BERNARDI-WENZEL, J., et al. Isolamento e atividade antagonística de fungos endofíticos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Sabios**, vol. 7, p. 86-96. Setembro de 2012.
- BEZERRA, J. D. P.; SANTOS, M. G. S.; BARBOSA, R. N.; SVEDESE, V. M.; LIMA, D. M. M.; FERNANDES, M. J. S.; GOMES, B. S.; PAIVA, L. M.; CORTEZ, J. S. A; MOTTA, C. M. S. Fungal endophytes from cactus *Cereus jamacaru* in brazilian tropical dry forest: a first study. **Symbiosis**, v. 60, p. 53-63, 2013.
- BILLS, G.; DOMBROWSKI, A.; PELAEZ, F.; POLISHOOK, J.; AN, Z. Recent and future discoveries of pharmacologically active metabolites from tropical fungi. In: WATLING, R.; FRANKLAND, J. C.; AINSWORTH, A. M.; ISSAC, S.; ROBINSON, C. H. (ed.) *Tropical Mycology: Micromycetes*, vol. 2. CABI Publishing, New York, p.165-194, 2002 apud *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v.67, n.4, p.491– 502, 2003.
- BURGESS, L.W.; SUMMERELL, B.A.; BULLOCK, S. GOTT, K.P.; BACKHOUSE, D. **Laboratory manual for Fusarium research**, Sydney, University of Sydney.1994.
- CAFÊU, M. C.. Estudo químico e avaliação biológica dos fungos endofíticos *Xylaria* sp. e *Colletotrichum crassipes* isolados de *Casearia sylvestris* (Flacourtiaceae). 2007. 253 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105831>>.
- CANNON, P. F., DAMM, U., JOHNSTON, P.R., WEIR, B.S. *Colletotrichum*– current status and future directions. **Stud. Mycol.** 73, 181–213. 2012.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; ALESSANDRA, M. P. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras. Editora UFLA, p. 153-214, 2010.
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C. E LÓPEZ-BICIO, J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, 149, 3: 1579–1592. 2009.
- DAVITT, A. J., CHEN, C., RUDGERS, J. A. Understanding context-dependency in plant–microbe symbiosis: The influence of abiotic and biotic contexts on host fitness and the rate of symbiont transmission. *Environmental and Experimental Botany*, v. 71, p. 137-145. 2011.
- DEAN, R., VAN KAN, J.A., PRETORIUS, Z.A., HAMMOND-KOSACK, K.E., DI PIETRO, A., SPANU, P.D., RUDD, J.J., DICKMAN, M., KAHMANN, R., ELLIS, J., others. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Mol. Plant Pathol.** 13, 414–430. 2012.
- DEVI, N. N.; PRABAKARAN, J. J. Bioactive metabolites from an endophytic fungus *Penicillium* sp. isolated from *Centella asiatica*. **Current Research in Environmental & Applied Mycology**, 4(1), 34-43. 2014.
- DUTTA, D; PUZARI, , K. C; GOGOI, R; DUTTA, P. Endophytes: exploitation as a tool in plant protection. **Braz. arch. biol. Technol**, v. 57 n.5, p 621-629, 2014.
- EMBRAPA. Fungos Endofíticos: perspectiva de descoberta e aplicação de compostos bioativos na agricultura. 2012 - **Portal Embrapa**. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951754/fungos->

- endofíticos-perspectiva-de-descoberta-e-aplicacao-de-compostos-bioativos-na-agricultura> Acesso em 16 de fevereiro de 2019.
- EMBRAPA. Qualidade em plantas medicinais, dez 2010. Disponível em <[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/doc\\_162.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/doc_162.pdf)> Acesso em: 5 mar 2019.
- ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L.; Fungos uma introdução a biologia, bioquímica e biotecnologia, 2a. ed., **EDUCS**: Caxias do Sul, 2010.
- ESTAY, M.; ANDRÉS, R. Estudio de actividad antibacteriana de potenciales biocontroles sobre bacterias acéticas involucradas en la pudrición ácida de la uva. Santiago, Chile. 72p. 2006. (Monografía – Universidade de Chile). <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105609>.
- ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; FLORES, M. G. V. Seleção de antagonistas fúngicos a *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* em substrato comercial para mudas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1794-1797, 2007.
- FAETH, S. H.; SAARI, S. Fungal grass endophytes and arthropod communities: lessons from plant defence theory and multitrophic interactions. **Fungal Ecology**, 5: 364–371. 2012.
- FELBER, A. C. *et al.* Bioprospecting foliar endophytic fungi of *Vitis labrusca* Linnaeus, Bordô and Concord cv. **Annals of Microbiology**, v. 66, p.765–775, 2016.
- FERNANDES, E. G. Fungos endofíticos em soja (*Glycine max*): diversidade, biocontrole de fitopatógenos e análise de metabólitos. maio de 2015. (Monografia – Universidade Federal de Viçosa).
- FERNANDES, M. R. V.; SILVA, T. A. C.; PFENNING, L. H.; COSTA-NETO, C. M.; HEINRICH, T. A.; ALENCAR, S. M.; LIMA, M. A.; IKEGAKI, M. Biological activities of the fermentation extract of the endophytic fungus *Alternaria alternata* isolated from *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 45, n. 4, p. 677-685, 2009.
- FERNÁNDEZ-LARREA VEGA, O. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. **Boletín Manejo Integrado de Plagas**. Costa Rica, nº 62, p. 96 – 100, 2001. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:80/handle/11554/6578>.
- FIRÁKOVÁ, S., et al. Bioactive secondary metabolites produced by microorganisms associated with plants. **Biologia**, vol. 62, nº 3, Janeiro de 2007. doi:10.2478/s11756-007-0044-1.
- FRISVAD, J. C., SMEDSGAARD, J.; LARSEN, T. O.; SAMSON, R. A. Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium* subgenus *Penicillium*. **Studies Mycology**, Moscow, v. 49, p. 201-41, 2004.
- FUMIKO, M. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava**, v. 10, n. 3, p. 83-102, 2013.
- FURSTENBERG-HAGG, J; ZAGROBELNY, M.; BAK, S.; Plant Defense against Insect Herbivores. **Int. J. Mol. Sci**, v. 14, p. 10242-10297, 2013.
- GANGE, A. C.; ESCHEN, R.; WEARN, J. A.; THAWER, A.; SUTTON, B. C. Differential effects of foliar endophytic fungi on insect herbivores attacking a herbaceous plant. **Oecologia**, v. 168, n. 4, p. 1023–1031, 2012. doi:10.1007/s00442-011-2151-5

- GROVER, M.; ALI, S. Z.; SANDHYA, V.; RASUL, A.; VENKATESWARLU, B. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stress. **World Journal of Microbiology Biotechnology**, v. 27, p. 1231-1240, 2011.
- GUETSKYL, R.; SHTIENBERG, D.; DINOOR, A.; ELAD, Y. Establishment, survival and activity of the biocontrol agents *Pichia guilhermondii* and *Bacillus mycooides* applied as a mixture on strawberry plants. **Biocontrol Science and Technology** 12: 705-714. 2002.
- GUNDEL, P. E.; MARTINEZ-GUERSAL, M. A.; BATISTA, W. B.; GHERSA, C. M. Dynamics of Neotyphodium endophyte infection in ageing seed pools: incidence of differential viability loss of endophyte, infected seed and non infected seed. **Annals of Applied Biology**, v. 156, n. 2 p. 199-209, 2010.
- HARMAN, G.E. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, 84, 4: 376–393. 2000.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I. E.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, 2: 43–56. 2004.
- HARTLEY, S. E.; GANGE, A. C. Impacts of Plant Symbiotic Fungi on Insect Herbivores: Mutualism in a Multitrophic Context. **Annual Review of Entomology**, vol. 54, n° 1, p. 323-42. Janeiro de 2009. doi:10.1146/annurev.ento.54.110807.090614.
- HAYASHIBARA, C. A. de A. Resposta do feijoeiro a fungos endofíticos. 2017. 41 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas- Universidade Federal de Lavras). Lavras, 2017.
- HOU Y, M. A. X.; WAN, W.; LONG, N.; ZHANG, J.; TAN, Y.; et al. Comparative Genomics of Pathogens Causing Brown Spot Disease of Tobacco: *Alternaria longipes* and *Alternaria alternata*. **PLoS ONE** 11(5):0155258. 2016. doi:10.1371/journal.pone.0155258.
- HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S. E.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, 51: 409–416. 2009.
- HYDE K. D.; CAI, L.; MCKENZIE, E. H. C.; YANG, Y. L.; ZHANG, J. Z.; PRIHASTUTI, H. Colletotrichum: a catalogue of confusion. **Fungal Diversity** 39:1–17. 2009.
- IMPULLITTI, A. E.; MALVICK, D. K. Fungal endophyte diversity in soybean. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 5, p. 1500-1506, 2013.
- JABER, L. R.; ENKERLI, J. Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum*. **Biological control**, New York, v. 103, p. 187-195, Dec. 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.09.008>.
- JIA, M.; CHEN, L.; XIN, H. L.; ZHENG, C. J.; RAHMAN, K.; HAN, T.; QIN, L. P. A. Friendly Relationship between Endophytic Fungi and Medicinal Plants. **Journal Frontier's in Microbiology**. v.7, p 907, 2016.
- KAUL, S.; GUPTA, S.; AHMED, M.; DHAR, M. K. Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n.4, p. 487–505, 2012.
- KHAN, A.R.; ULLAH, I.; WAQAS, M.; SHAHZAD, R.; HONG, S.-J.; PARK, G.-S.; JUNG, B.K.; LEE, I.-J.; SHIN, J.-H. Plant growth-promoting potential of endophytic fungi isolated from *Solanum nigrum* leaves. **World Journal of**

- Microbiology and Biotechnology**, v. 31, n. 9, p. 1461–1466, 2015. doi: 10.1007/s11274-015-1888-0.
- KLEEMANN, J.; RINCON-RIVERAL, J.; TAKAHARA, H.; NEUMANN, U.; VAN THEMAAT, E.V.; VAN DER DOES, H. C.; HACQUARD, S.; STÜBER, K.; WILL, I.; SCHMALENBACH, W.; SCHMELZER, E. Sequential delivery of host-induced virulence effectors by appressoria and intracellular hyphae of the phytopathogen *Colletotrichum higginsianum*. **PLoS pathogens** 8(4): pe1002643. 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002643>.
- KUPPER, K. C.; FERNANDES, N. G.; GOES, A. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 251 - 257, 2003.
- KUSARI, S. *et al.* Chemical Ecology of Endophytic Fungi: Origins of Secondary Metabolites. **Chemistry & Biology**, v.19, n.7, p.792-798, 2012.
- LEITE, T. S.; CNOSSEN-FASSONI, A.; PEREIRA, O. L.; MIZUBUTI, E. S. G.; ARAUJO, E. F.; QUEIROZ, M. V. Novel and highly diverse fungal endophytes in soybean revealed by the consortium of two different techniques. **Journal of Microbiology**, v. 51, p. 56-69, 2013.
- LI, Q. M.; SHI, Z.; XIONG, X. Y.; WEN, Q.; HU, Q. L.; SU, X. J. Ethanol production from xylose by *Fusarium oxysporum* and the optimization of culture conditions. **Biocatalysis** 34: 110-118. 2016.
- LI, X. J. *et al.* Metabolites from *Aspergillus fumigatus*, an endophytic fungus associated with *Melia azedarach*, and their antifungal, antifeedant and toxic activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.13, p.3424-3431, 2012.
- 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 ecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota neotropica**, 9, 3: p.145–149. 2009.
- LUCIANA, C. V., *et al.* “Growth promotion mediated by endophytic fungi in cloned seedlings of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrids”. **African Journal of Biotechnology**, vol. 15, no 48, p. 2729–38. 2016. doi:10.5897/AJB2016.15706.
- LUCON, C. M. M. *Promoção de crescimento de plantas com o uso de Trichoderma spp* (em linha). **Infobibos, Informações Tecnológicas**. 2009. Disponível em: < [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/trichoderma/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm) > .
- LUZ, J. S.; SILVA, R. L. O.; SILVEIRA, E. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Atividade enzimática de fungos endofíticos e efeito na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 128-134, 2006.
- MACHADO, D. F. M., *et al.* “Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente”. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 35, nº 1, p. 274–88. 2012.
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. 12 ed. Porto Alegre, Artmed, 1160 p., 2010.
- MELO, F. M. P.; FIORE, M. F.; MORAES, L. A. B.; SILVA-STENICO, M. E.; SCRAMIN, S.; TEIXEIRA, M. A.; MELO, I. S. Antifungal compound produced by the cassava endophyte *Bacillus pumilus* MAIIM4a. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n.5, p. 583-592, 2009.
- MENEZES, M. Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, vol. 3, nº 0, p. 170–79. 2013.

- MONTEIRO, M. C. P., et al. "Antimicrobial activity of endophytic fungi from coffee plants". **Bioscience Journal**, p. 381–89. 2017. doi:10.14393/BJ-v33n2-34494.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: Bettiol, W; Morandi, M.A.B. (Ed.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna, **Embrapa Meio Ambiente**, p.07-14. 2009.
- MURPHY, B. R.; DOOHAN, F. M.; HODKINSON, T. R. From Concept to Commerce: Developing a Successful Fungal Endophyte Inoculant for Agricultural Crops. **Journal Fungi**, v. 4, p. 1-11, 2018.
- NASCIMENTO, I. M. do. Estudo químico de duas linhagens de fungos endofíticos com atividade ao fitopatógeno *Colletotrichum* sp. 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo**, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/D.11.2015.tde-29092015-111043. Acesso em: 2019-02-16.
- NASCIMENTO, T. L. et al. Biodiversity of endophytic fungi in different leaf ages of *Calotropis procera* and their antimicrobial activity. **Fungal Ecology** 14: 79-86. 2015.
- OLMO-RUIZ, M. D.; ARNOLD, A. E. Interannual variation and host affiliations of endophytic fungi associated with ferns at La Selva, Costa Rica. **Mycologia**, v. 106, n. 1, p. 8-21, 2014.
- OMOJASOLA, P. F.; ADEJORO, D. O. Gibberellic Acid Production by *Fusarium moniliforme* and *Aspergillus niger* Using Submerged Fermentation of Banana Peel. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 10, p. 60-67, 2018.
- OWNLEY, B.H.; GWINN, K.D.; VEGA, F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. **BioControl**, v. 55, p. 113–128, 2010. doi: 10.1007/s10526-009-9241-x.
- PAMPFILE, J. A.; SPECIAN, V.; ORLANDELLI, R. C.; FELBER, A. C.; AZEVEDO, J. L. Metabólitos Secundários de Interesse Farmacêutico Produzidos por Fungos Endofíticos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 16, n. 4, p. 345-51, 2014.
- PASCHOLATI, S. F.; DALIO, R. J. D.; CARDOSO FILHO, J. A.; BRAND, S. C.; PINTO, L. R.; OSSWALD, W. Piriformospora indica - Indutor de resistência em plantas contra patógenos. In: RODRIGUES, F. A.; FORTUNATO, A. A.; RESENDE, R. S. (Eds). *Indução de resistência em plantas a patógenos*, Universidade Federal de Viçosa, 2012, p. 79-112.
- PEIXOTO NETO, P. A. de S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Micro-organismos endofíticos. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 29, p. 62-76, 2002.
- PEREIRA, J. O. Fungos endofíticos dos hospedeiros tropicais *Stylosanthes guianensis* e *Musa cavendish*. São Paulo, Brasil. 105p. (Tese de Doutorado, **Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo**, Piracicaba). 1993.
- PEREIRA, U. Z. Propriedade Antifúngica de Extrato protéico de Folhas do Abacaxizeiro. junho de 2006. doi:http://repositorio.ufes.br/handle/10/9954.
- PHIPPS, R. K.; GOTFREDSEN, C. H.; PALUDAN, S. R.; FRISVAD, J. C.; ERIKSEN, K.; PETERSEN, B. O.; DUUS, J. O.; LARSEN, T. O. HESSELTINS B-G, novel meroterpenoids from a new *Penicillium* species. **Tetrahedron Letters**, Denmark, v. 52, p. 598-601, 2011.

- PIONTELLI L., EDUARDO, et al. “Coprophilous fungal community of wild rabbit IN A PARK OF A HOSPITAL (CHILE): A TAXONOMIC APPROACH”. **Boletín Micológico**, vol. 21, dezembro de 2006. doi:10.22370/bolmicol.2006.21.0.239.
- POLLI, ANDERSON et al. Aspectos da interação dos microrganismos endofíticos com plantas hospedeiras e sua aplicação no controle biológico de pragas na agricultura. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 7, n. 2, 2012.
- PORRAS-ALFARO, A.; BAYMAN, P. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. **Annual Review of Phytopathology**, n. 49, p. 291-315, 2011.
- PROMPUTTHA, I.; LUMYONG, S.; DHANASEKARAN, V.; MCKENZIE, E. H.; HYDE, K. D.; JEEWON, R. A phylogenetic evaluation of whether endophytes become saprotrophs at host senescence. **Microbial Ecology**, v. 53, n. 4, p. 579-590, 2007.
- PUTZKE, J.; PUTZKE, T.L. Os reinos dos fungos. Vol I 2ª Ed Edunisc. p. 291-293. 2004.
- REVANKAR, S.G.; SUTTON, D.A. 2010. Melanized fungi in human disease. **Clinical Microbiology Reviews**, 23(4): 884–928.
- ROCHA, R.; LUZ, D. E.; ENGELS, C.; PILEGGI, S. A. V.; JACCOUD FILHO, D. S.; MATIELLO, R. R.; PILEGGI, M. Selection of endophytic fungi from comfrey (*Symphytum officinale* L.) for in vitro biological control of the phytopathogen *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.). **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 73-78, 2009.
- RODRIGUES, K.F., PETRINI, O. Biodiversity of Endophytic Fungi in Tropical Regions. Hyde, K.D (ed.) **Biodiversity of Tropical Microfungi**. Hong Kong, China, Hong Kong University Press, pp.57-69. 1997.
- RODRIGUEZ, R. J.; WHITE, J. F.; W, ARNOLD, A.E.; REDMAN, R. S. Fungal endophytes: diversity and functional roles. **New Phytologist**, v.182, n. 2, p. 314-330, 2009.
- ROMEIRO, R. S. *Controle biológico de doenças de plantas – procedimentos*. Viçosa, Editora UFV, 172 p. 2007.
- RYAN, R. P.; GERMAINE, K.; FRANKS, A.; RYAN, D. J.; DOWLING, D. N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS Microbiology Letters**, v. 278, p. 1-9, 2008.
- SANTOS, M. S. B.; SILVA, A. A. C. R. Sanidade de sementes de arroz, biocontrole, caracterização e transmissão de *Curvularia lunata* em semente-plântula de arroz. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 511-517, 2014.
- SANTOS, M. S., et al. Identificação Molecular baseada no Sequenciamento de rDNA de Fungos Endofíticos Foliares de *Passiflora* spp. **BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports**, vol. 2, nº 3esp, p. 134. 2013. doi:10.5433/2316-5200.2013v2n3esp134.
- SANTOS, T. T.; VARAVALLO, M. A. Application endophytic microorganisms in agriculture and production of substances of economic interest. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 32, n. 2, p. 199-212. 2011.
- SBRAVATTI JUNIOR, JOSÉ ANTONIO, et al. “SELEÇÃO IN VITRO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DE *Botrytis cinerea* EM *Eucalyptus benthamii*”. **Floresta**, vol. 43, nº 1, p. 145. 2013. doi:10.5380/ufv.v43i1.26265..
- SHAH, A.; RATHER, M. A.; HASSAN, Q. P.; AGA, M. A.; MUSHTAQ, S.; SHAH, A. M.; HUSSAIN, A.; BABA, S. A.; AHMAD, Z. Discovery of anti-microbial and

- anti-tubercular molecules from *Fusarium solani*: an endophyte of *Glycyrrhiza glabra*. **J Appl Microbiol**, 122: 1168-1176. 2017.
- SIEBER, T.N., SIEBER-CANAVESI, F., DORWORTH, C.E. Endophytic fungi of red alder (*Alnus rubra*) leaves and twigs in British Columbia. **Canadian Journal of Botany** 69: 407-411. 1991.
- SILVA, E. O. Otimização das condições de cultivo e investigação das atividades citotóxicas e antimicrobiana de metabólitos secundários do fungo endofítico *Drechslera ravenelii*. Ribeirão Preto: **Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto** – Universidade de São Paulo; 2010.
- SILVA, G. H. Substâncias bioativas isoladas dos fungos endofíticos *Xylaria* sp., *Phomopsis cassiae* e *Acremonium* sp. associados com espécies vegetais de Cerrado. 2005. 306 f. Tese (Doutorado em Química) – **Instituto de Química**, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.
- SILVA, G. H., et al. “Citocalasinas produzidas por *Xylaria* sp., um fungo endofítico de *Piper aduncum* (piperaceae)”. **Química Nova**, vol. 33, nº 10, p. 2038–41. 2010. doi:10.1590/S0100-40422010001000006.
- SILVA, H. S. A. “Microrganismos endofíticos como agentes de biocontrole de ferrugem do cafeeiro e de promoção de crescimento.” In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2009. p. 277-287., 2009.
- SILVA, I. P. da. Fungos endofíticos: fonte alternativa a metabólitos secundários de plantas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.
- SILVA, J. C.; FERNANDES, O. C. C.; MARTINS, M. S.; JUNIOR RODRIGUES, A. C.; TEIXEIRA, M. F. S. Atividade antimicrobiana de espécies de *Penicillium* mantidas sob duas condições de preservação. **Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, Amazonas**, n. 30, p. 48-54, 2010.
- SILVA, R. L. O.; LUZ, J. S.; SILVEIRA, E. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 3, p. 649-655, 2006.
- SIMMONS, E. G. *Alternaria*. An Identification Manual. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands. 2007.
- SOCA-CHAFRE, G., RIVERA-ORDUNA, F. N.; HIDALGO-LARA, M. E.; RODRIGUEZ, C. H.; MARSCH, R.; COTERA, F. L. B. Molecular phylogeny and paclitaxel screening of fungal endophytes from *Taxus globosa*. **Fungal Biology**, v. 115, p.143- 156, 2011.
- SONG, F.; WU, S.; XUAN, Q.; WANG, T.; CHEM. Biodiversity 2014, 11, 673; Kirk, P. M.; Cannon, P. F.; Minter, D. W.; Stalpers, J. A.; **Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi**, 10th ed.; CABI Publishing: Wallingford, England, 2008.
- SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S. Produção de mudas de tomateiro em substrato orgânico inoculado e incubado com estreptomicetos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 195-203, 2009.
- SOUZA, B. S.; SANTOS, T. T. UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ, et al. “Endophytic fungi in economically important plants: ecological aspects, diversity and potential biotechnological applications”. **Journal of bioenergy and food science**, vol. 4, nº 2, p. 113–26. 2017. doi:10.18067/jbfs.v4i2.121.

- STADNIK, M. J. E.; BETTIOL, W. Controle biológico de oídeos. *In*: Melo, I.S. Azevedo, J.L. (Ed.) - *Controle biológico*. v.3. Jaguariúna, **Embrapa Meio Ambiente**, p. 95–112. 2000.
- STROBEL, G. The Emergence of Endophytic Microbes and Their Biological Promise. **J Fungi (Basel)**, v. 4, 2018 .
- STROBEL, G.; DAISY, B. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, New York, v. 67, n. 4, p. 491-502, 2003.
- SUMMERELL, B. A.; SALLEH, B. ; LESLIE, J. F. A utilitarian approach to Fusarium identification. **Plant Disease** 87: 117-128. 2003.
- SUNITHA, V. H.; DEVI, D. N.; SRINIVAS, C. Extracellular enzymatic activity of endophytic fungal strains isolates from medicinal plants. **World Journal of Agricultural Sciences**, n. 9, v. 1, p.01-09, 2013.
- THOMMA, B. P. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. **Mol. Plant Pathol.** 4 (4):225–36. 2003. doi: 10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
- TÖFOLI, J.; DOMINGUES, R.; FERRARI, J. (2015). *Alternaria* spp. em oleráceas: sintomas, etiologia, manejo e fungicidas. **Biológico**, São Paulo, v.77, n.1, p.21-34, 2015.
- VARUGHESE, T. et al. Antifungal depsidone metabolites from *Cordyceps dipetrigena*, an endophytic fungus antagonistic to the phytopathogen *Gibberella fujikuroi*. **Tetrahedron Letters**, v.53, n.13, p. 1624-1629, 2012.
- WAQAS, M., et al. Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress. **Molecules**, vol. 17, nº 9, P. 10754-73. Setembro de 2012. doi:10.3390/molecules170910754.
- XIAO, J.; ZHANG, Q.; GAO, Y-Q.; TANG, J-J.; ZHANG, A-L.; GAO, J-M. Secondary Metabolites from the Endophytic *Botryosphaeria dothidea* of *Melia azedarach* and Their Antifungal, Antibacterial, Antioxidant, and Cytotoxic Activities. **Journal of agriculture and Food Chemistry**, v. 62, n. 16, p. 3584-3590, 2014.
- YU, H., ZHANG, L., LI, L., ZHENG, C., GUO, L., LI, W., . QIN, L. Recent developments and future prospects of antimicrobial metabolites produced by endophytes. **Microbiological research**, 165(6), 437-449. 2010.
- ZHANG, H. W., et al. Biology and Chemistry of Endophytes. **Natural Product Reports**, vol. 23, nº 5, p. 753, 2006. doi:10.1039/b609472b.
- ZHANG, T.; ZHANG, Y.; LIU, H.; WEI, Y.; LI, H.; SU, J.; ZHAO, L.; YU, L. Diversity and cold adaptation of culturable endophytic fungi from bryophytes in the fildes region, King George Island, maritime Antarctica. **FEMS Microbiology Letters**, v. 341, n. 1, p. 52-61, 2013.
- ZHAO, J.H. et al. Bioactive secondary metabolites from *Nigrospora* sp. LLGLM003, an endophytic fungus of the medicinal plant. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, n.5, p.2107- 2112, 2012.
- ZIMMERMAN, N.B.; VITOUSEK, P. M. Fungal endophyte communities reflect environmental structuring across a Hawaiian landscape. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 109, n. 32, p. 13022–13027, 2012.
- ZOPPAS, B. C. A; VALENCIA-BARRERA, R. M.; FERNÁNDEZ-GONZÁLES, D. Distribuição de esporos de *Cladosporium* spp no ar atmosférico de Caxias do Sul, RS, Brasil, durante dois anos de estudo. **Rev. bras. alerg. imunopatol.** 34(2). 2011.