

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAEL CORDEIRO DE CARVALHO

**CONSÓRCIO DE CINCO FUNGOS PROMOVEDO O CRESCIMENTO
VEGETAL E A COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR NA SOJA**

UBERLÂNDIA
AGOSTO DE 2018

RAFAEL CORDEIRO DE CARVALHO

**CONSÓRCIO DE CINCO FUNGOS PROMOVENDO O CRESCIMENTO
VEGETAL E A COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR NA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Carvalho Basílio de Azevedo.

UBERLÂNDIA

AGOSTO DE 2018

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract	ii
1. Introdução	5
2. Objetivo	6
3. Revisão de Literatura.....	6
3.1 Fungos endofíticos	6
3.1.1 Fungos endofíticos como entomopatogênicos	6
3.1.2 Fungos endofíticos como promotores do crescimento vegetal.....	7
3.1.3 Fungo <i>Beauveria bassiana</i>	9
3.1.4 Fungo <i>Metarhizium anisopliae</i>	10
3.1.5 Fungo <i>Pochonia chlamydosporia</i>	11
3.1.6 Fungo <i>Purpureocillium lilacinum</i>	11
3.1.7 Fungo <i>Trichoderma asperella</i>	12
3.2 Micorriza arbuscular	13
3.3 Cultura da Soja.....	15
4. Justificativa da Pesquisa	16
5. Material e Métodos.....	17
5.1 Inoculação das sementes	17
5.2 Experimento em casa-de-vegetação	18
5.3 Colonização micorrízica arbuscular	19
5.4 Estatística	22
6. Resultados e Discussão	22
6.1 Parte Aérea e Raízes.....	22
6.2 Colonização micorrízica arbuscular	23
7. Considerações Finais	27

Resumo

Com o crescimento populacional e a expansão agrícola, o uso de micro-organismos benéficos às plantas vem se tornando cada vez mais uma alternativa ambientalmente amigável ao uso intensivo de insumos agrícolas. Os Fungos Promotores do Crescimento Vegetal (FPCV) apresentam efeitos em uma grande variedade de culturas, promovendo o crescimento vegetal e combatendo pragas e doenças. Nesse trabalho, levanta-se a hipótese de que os FPCV estimulam a colonização de raízes por Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), os quais melhoram a nutrição vegetal. Nesse sentido, o presente trabalho estudou os efeitos de um consórcio fúngico, composto por cinco FPCV (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum* e *Trichoderma asperella*) sobre o crescimento e a colonização micorrízica arbuscular da soja (*Glycine max* L. Merrill). As sementes de soja inoculadas e não inoculadas foram cultivadas em uma casa-de-vegetação, com seis repetições em um delineamento inteiramente casualizado. As médias das variáveis foram submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,05$) e à análise de variância para verificar os efeitos significativos do tratamento. A inoculação do consórcio fúngico aumentou significativamente a massa seca e fresca das raízes de soja e a colonização micorrízica arbuscular em comparação com a soja não inoculada. Esses resultados são, provavelmente, devido à indução pelos FPCV da produção de fitohormônios importantes para o desenvolvimento das raízes, e pelo estímulo da produção de exsudados que auxiliam a simbiose entre os FMA e as raízes das plantas. Dessa forma, os fungos estudados nesse trabalho são capazes de promover o crescimento das raízes da soja, e beneficiar a colonização micorrízica arbuscular. Esses efeitos podem resultar uma maior absorção de água e nutrientes, aumentando a produtividade e diminuindo a necessidade do uso de agrotóxicos e fertilizantes na soja.

Palavras-chave: Fungos promotores do crescimento vegetal. Fungos endofíticos. Fungos entomopatogênicos. Micorriza arbuscular. Fungos micorrízicos arbusculares.

Abstract

With population growth and agricultural expansion, the use of micro-organisms beneficial to the plant has increasingly become an environmentally friendly alternative to the intensive use of agricultural inputs. Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) has effects on a wide variety of crops, promoting plant growth and combating pests and diseases. In this work, it is hypothesized that PGPF stimulate root colonization by Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), which improves plant nutrition. In this sense, the present work studied the effects of a fungal consortium composed of five PGPF (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum* and *Trichoderma asperella*) on the arbuscular mycorrhizal growth and colonization of soybean (*Glycine max* L. Merrill). The inoculated and non-inoculated soybean seeds were cultivated in a greenhouse, with six replicates in a completely randomized design. The means of the variables were submitted to the Tukey test ($p < 0.05$) and to the analysis of variance to verify the significant effects of the treatment. Inoculation of the fungal consortium significantly increased the dry and fresh biomass of soybean roots and arbuscular mycorrhizal colonization compared to non-inoculated soybean. These results are probably due to PGPF induction of the production of phytohormones important for the development of the roots, and by stimulating the production of exudates that help the symbiosis between the AMF and the roots of the plants. Thus, the fungi studied in this work are able to promote the growth of soybean roots, and to benefit arbuscular mycorrhizal colonization. These effects may result in a greater absorption of water and nutrients, increasing the productivity and reducing the need for the use of agrochemicals and fertilizers in soybean.

Key words: Plant Growth Promoting Fungi. Endophytic fungi. Entomopathogenic fungi. Arbuscular Mycorrhizae. Arbuscular Mycorrhizal Fungi.

1. Introdução

O crescimento populacional mundial constante gera uma demanda crescente por alimentos, levando o agronegócio a se expandir. Na maioria dos casos, a atividade agrícola se baseia em altos insumos externos, com uso de fertilizantes minerais, pesticidas e monoculturas. Essas práticas têm impacto sobre a ecologia do solo e podem gerar problemas de saúde no agricultor e nos consumidores.

O uso de processos naturais para melhorar a produtividade agrícola é uma das alternativas às práticas de agricultura intensiva e com uso de insumos sintéticos. Nesse sentido, o uso de micro-organismos condicionadores do crescimento das plantas é uma alternativa viável. Diversas espécies de fungos são conhecidas como Fungos Promotores de Crescimento Vegetal (FPCV). Esses fungos são capazes de formar associações com as plantas hospedeiras, colonizando os tecidos internos da planta, promovendo o crescimento da parte aérea e das raízes.

Geralmente, os FPCV agem por proporcionar maior absorção de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo; por indução na produção de fitohormônios; ou ainda pelo aumento da resistência a estresses bióticos. Ainda, alguns FPCV atuam no controle biológico de pragas e doenças.

O efeito para a planta depende do isolado fúngico utilizado e da interação do mesmo com a planta hospedeira e com o ambiente em que se encontra. Dessa forma, um mesmo isolado de FPCV pode promover o crescimento em determinada cultura e não produzir resultados em outra.

Nesse sentido, cinco FPCV tem sido amplamente estudados: o *Beauveria bassiana*, o *Metarhizium anisopliae*, o *Pochonia chlamydosporia*, o *Purpureocillium lilacinum* e o *Trichoderma asperella*. No entanto, não se sabe o efeito dos FPCV sobre outros micro-organismos benéficos que se associam às plantas, como os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA). No mutualismo com raízes de plantas, os FMA proporcionam um aumento na absorção de água e nutrientes pelas plantas enquanto recebem fotossintatos essenciais.

Dentre as várias espécies vegetais suscetíveis à associação com FMA está a soja (*Glycine max* L. Merrill), muito importante em todo o mundo, tanto na alimentação como na economia. No Brasil, essa importância é ainda maior, visto que a soja é o principal produto do agronegócio brasileiro em produção e exportação, tornando o Brasil o segundo maior produtor de soja do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos da América. Assim, o efeito de FPCV na

micorriza arbuscular pode indicar práticas de cultivo mais ambientalmente favoráveis nessa importante e extensa cultura no Brasil.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito do inóculo de um consórcio de cinco isolados fúngicos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, e *Trichoderma asperella*) sobre o crescimento e a colonização micorrízica arbuscular da soja.

3. Revisão de Literatura

3.1 Fungos endofíticos

As plantas são colonizadas por micro-organismos na sua superfície e no seu interior: nas raízes, caules e folhas (AZEVEDO, 1998; SILVA et al., 2006; MUSSI-DIAS et al., 2012). Os fungos endofíticos são aqueles que colonizam a parte interna dos tecidos das plantas, geralmente a parte aérea, como folhas e caules, além da rizosfera (AZEVEDO, 1998; JABER; ENKERLI, 2016). A colonização pode ser por apenas um período ou por toda a vida da planta hospedeira. Os sinais da infecção não são aparentemente evidenciados e a colonização da planta por esses fungos pode ocorrer de duas maneiras: localizada ou sistêmica (JABER; ENKERLI, 2016). Essa relação entre plantas e fungos é complexa e pode promover diversos benefícios, como o controle de doenças e pragas (BARELLI et al., 2016) e promoção do crescimento da planta (LOPEZ; SWORD, 2015).

Os fungos e bactérias endofíticos, podem entrar nos tecidos vegetais da parte aérea por aberturas naturais, a exemplo dos estômatos e hidatódios, ou por feridas causadas pela ação de animais e insetos ou mecânica (SANTOS; VARAVALHO, 2011). Outra forma de entrada dos endofíticos são as raízes. Os fungos micorrízicos e as bactérias que fixam nitrogênio em simbiose com leguminosas são classificados à parte, embora possuam características de endofíticos (SMITH; READ, 2008).

3.1.1 Fungos endofíticos como entomopatogênicos

Alguns fungos colonizam insetos na forma de um parasitismo, sendo, portanto, classificados como entomopatogênicos (MORA; CASTILHO; FRAGA, 2017; SIMONATO; GRIGOLI; OLIVEIRA, 2014; AZEVEDO et al., 2000). A capacidade dos fungos atuarem como entomopatogênicos começou a ser evidenciada em meados do século XIX, quando em 1834 Agostino Bassi mostrou os efeitos do *Beauveria bassiana* sobre o bicho-da-seda (ROBERTS; HUMBER, 1981). Esse potencial para proteger agrossistemas do ataque de insetos e pragas é conhecido desde o início do século XX (BARELLI et al., 2016)

Os fungos podem infectar os insetos por várias maneiras, como por via oral ou respiratória, e nem sempre precisam ser ingeridos para que a infecção e colonização dos organismos ocorram com sucesso (BITTENCOURT; MASCARENHAS; FACCINI, 1999). Várias espécies de fungos entomopatogênicos conseguem transgredir a cutícula dos insetos usando uma combinação entre enzimas de degradação e pressão mecânica (BARELLI et al., 2016).

Um dos processos de transgressão da cutícula descrito demonstrou o mecanismo de infecção do *Metarhizium anisopliae* no carrapato *Boophilus microplus*: inicialmente ocorre a fixação dos conídios do fungo na cutícula do carrapato, seguido da germinação dos mesmos e formação de um tubo germinativo e do apressório que é base da entrada da hifa no hospedeiro (BITTENCOURT; MASCARENHAS; FACCINI, 1999).

Os gêneros *Metarhizium* e *Beauveria* são os mais estudados como potenciais entomopatogênicos. Dentro desses gêneros, as espécies mais estudadas são a *Beauveria bassiana*, frequentemente relatada como endofítica com grande potencial de colonização; e a espécie *Metarhizium anisopliae*, também endofítica (JABER; ENKERLI, 2016).

No Brasil, em 1923, Pestana estudou o efeito do *Metarhizium anisopliae* (sin. *Penicillium anisopliae*) no controle de *Tomaspis* sp. (ALVES, 1992). O *Metarhizium anisopliae* também foi utilizado com sucesso na região Nordeste para o controle da *Mahanarva posticata*, a cigarrinha-da-folha da cana-de-açúcar (FARIA; MAGALHÃES, 2001).

3.1.2 Fungos endofíticos como promotores do crescimento vegetal

Algumas espécies de fungos endofíticos são capazes de promover o crescimento nas plantas hospedeiras e, por isso, são chamados de Fungos Promotores do Crescimento Vegetal (FPCV) (JABER; ENKERLI, 2016; LOPEZ; SWORD, 2015; MARTÍNEZ-MEDINA et al.,

2014; SILVA et al., 2006). Porém existem menos relatos desse efeito quando comparados aos estudos sobre os fungos como agentes no controle biológico de insetos.

Os FPCV podem infectar o tecido vegetal pela parte aérea da planta ou pelas raízes (AZEVEDO et al., 2000); e o modo e a persistência com que o fungo se estabelece na planta depende da interação planta-endofítico-ambiente (SANTOS et al., 2013).

A promoção do crescimento é resultado de vários componentes e mecanismos disponibilizados pelos fungos, que podem agir na planta de forma direta ou indireta (SUDHA et al., 2016; SILVA et al., 2006; LIAO et al., 2014). A forma direta ocorre devido ao aumento propiciado pelos endofíticos da capacidade de absorção de minerais essenciais para o desenvolvimento da planta, como fósforo e nitrogênio, e da produção de fitohormônios, como auxinas, etileno e giberelinas (SUDHA et al., 2016; LUZ et al., 2006). A forma indireta é devido à resistência a fatores bióticos e abióticos, como a resistência aos fitopatógenos, que consequentemente possibilita o maior desenvolvimento das raízes e parte aérea (BARELLI et al., 2016; SILVA et al., 2006; CHAPLA; BIASETTO; ARAUJO, 2013).

O crescimento vegetal pode ser evidenciado pela alteração de parâmetros, como taxa de germinação de sementes (JABER; ENKERLI, 2016), desenvolvimento das raízes (ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012), da parte aérea (ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012), altura (JABER; ENKERLI, 2016), massa seca e fresca das raízes ou da parte aérea (LIAO et al., 2014), quantidade de folhas (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2014), flores (LOPEZ; SWORD, 2015). Porém, a habilidade que os fungos possuem em aumentar o crescimento varia bastante de acordo com a planta hospedeira. Da mesma forma, o efeito pode variar conforme espécies e isolados fúngicos variam.

A maioria dos estudos utiliza isolados de maneira individual, relatando os efeitos de um fungo específico sobre determinada espécie de planta (QUESADA-MORAGA; LÓPEZ-DÍAZ; LANDA, 2014; LIAO et al., 2014; LARRIBA et al., 2015) ou sobre outros micro-organismos (LOPES; ALVES; TAMAI, 2000; LAN et al., 2017; CONTRERAS-CORNEJO et al., 2011). Porém, é comum encontrarmos artigos estudando a aplicação conjunta de dois fungos, que geralmente possuem características semelhantes (CASTILLO LOPEZ et al., 2014; GREENFIELD et al., 2016; JABER; ENKERLI, 2016). Portanto, são raros os estudos sobre aplicação conjunta de vários isolados de FPCV (LUZ et al., 2006; SILVA et al., 2006).

Cinco FPCV tratados nesse trabalho têm o potencial de melhorar a biota do solo e o desenvolvimento vegetal: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, e *Trichoderma asperella*. Esses fungos

pertencem ao filo Ascomycota e à classe Sordariomycetes, exceto o *P. lilacinum*, que é da classe Ascomycetes, e são conhecidos por seus efeitos na promoção do crescimento vegetal e no controle biológico de pragas e doenças. Apesar do conhecimento sobre alguns dos efeitos desses fungos sobre a planta, pouco se conhece sobre as implicações em associação com outros micro-organismos benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Esses fungos formam associação simbiótica mutualista com a maioria das plantas, chamada de micorrizas arbusculares (MA) (SMITH; READ, 2008). A MA promove melhor crescimento e produtividade vegetal por receber benefícios de maior absorção de nutrientes via hifas no solo; enquanto o FMA recebe fotossintatos para completar seu ciclo de vida.

3.1.3 Fungo *Beauveria bassiana*

O fungo *Beauveria bassiana*, descrito por Agostino Bassi no seu trabalho sobre a doença Muscardina em 1835 na Itália (KESWANI; SINGH; SINGH, 2013), é um dos fungos mais estudados por suas características endofíticas (DARA; DARA, 2015; WAGNER; LEWIS, 2000; AZEVEDO et al., 2000). Porém, pouco foi reportado sobre seu potencial de promover o crescimento nas plantas hospedeiras. Na associação com plantas, o *Beauveria bassiana* pode ser encontrado colonizando tanto os caules e as folhas (RENUKA; RAMANUJAM; POORNESHA, 2016), como as raízes (GREENFIELD et al., 2016).

Os efeitos de *B. bassiana* sobre o crescimento da planta é variável e depende do hospedeiro e da interação com o ambiente. Assim, vários estudos mostram resultados contrastantes uns com os outros. Por exemplo, *Beauveria bassiana* promovendo o crescimento de *Vicia faba*, um tipo de feijão muito comum na Europa (JABER; ENKERLI, 2016); e observação de nenhum impacto sobre o potencial crescimento da Banana (*Musa spp.*) (AKELLO et al., 2009).

Ainda não está claro o motivo exato pelo qual o *Beauveria bassiana* afeta o crescimento da planta, mas há indicativos de que esse fungo consiga transferir o nitrogênio de corpos de insetos mortos para a planta hospedeira, beneficiando o crescimento da mesma (JABER; ENKERLI, 2016). Apesar de essa característica ser mais comum entre as espécies do gênero *Metarhizium*, BEHIE e BIDOCHKA (2014) demonstraram essa transferência de nitrogênio promovida pelo *B. bassiana* em espécies de gramíneas e feijão.

Outra possível explicação é a resistência a fitopatógenos conferida pelo fungo para a planta, o que possibilita um maior aproveitamento dos recursos, como água e nutrientes, ou

até mesmo a competição direta entre o endofítico e o micro-organismo patogênico (LOPEZ; SWORD, 2015).

No entanto, há poucos relatos sobre o impacto de *Beauveria bassiana* sobre os micro-organismos e processos na rizosfera que poderiam beneficiar a planta, como as MA.

O fungo *Beauveria bassiana* também pode ser encontrado na rizosfera, porém, a concentração do fungo nessa região diminui com o passar do tempo da inoculação, além de estar mais presente na rizosfera de plantas de milho sob estresse físico (desfolhação) em comparação com controle, possivelmente devido ao efeito antagônico do *B. bassiana* sobre insetos, que induz a planta a se associar com o fungo. A presença de fungos entomopatogênicos na rizosfera pode impactar outras comunidades de micro-organismos, devido à competição por nutrientes derivados da planta. (MCKINNON et al., 2018).

3.1.4 Fungo *Metarhizium anisopliae*

Há vários estudos e exemplos de uso do gênero *Metarhizium* como patogênicos de insetos (GARCIA et al., 2005; BITTENCOURT; MASCARENHAS; FACCINI, 1999; LOPES; ALVES; TAMAI, 2000). Apesar disso, a análise da evolução desses fungos indica que a entomopatogenia tenha sido adquirida recentemente se comparada com a capacidade endofítica do fungo de formar simbioses com as plantas, provendo nitrogênio e recebendo carboidratos (BARELLI et al., 2016). Adicionalmente, foi relatada a ação desses fungos como promotores de crescimento, via produção de importantes hormônios vegetais, as Auxinas (LIAO et al., 2014).

Os fungos *Metarhizium* são mais comuns na rizosfera, região onde o solo sofre influência das raízes (ST. LEGER; WANG; FANG, 2011). Por outro lado, algumas espécies, como o *Metarhizium anisopliae*, descrito pela primeira vez como *Entomophthora anisopliae* por Metschnikoff em 1879 (TULLOCH, 1976), também são encontradas colonizando outras partes da planta, evidenciando o potencial endofítico desse fungo (JABER; ENKERLI, 2016).

A presença do *M. anisopliae* no solo pode estar relacionada à adaptabilidade do fungo ao ambiente, proporcionado por genes específicos que possibilitam a absorção de nutrientes dos exsudatos das raízes (PAVA-RIPOLL et al., 2011), a ação desse fungo na rizosfera pode afetar os insetos que se alimentam das raízes das plantas, porém, pouco se sabe sobre seu efeito nas comunidades microbianas do solo (TIAGO; OLIVEIRA; LIMA, 2014).

3.1.5 Fungo *Pochonia chlamydosporia*

O gênero *Pochonia* é geralmente associado com as raízes e tem importância no controle dos nematoides fitopatogênicos (ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012). A espécie fúngica *Pochonia chlamydosporia* é uma das nematófagas, tendo sua capacidade de parasitar ovos de nematoides descrita pela primeira vez por Willcox e Tribe (1974). O fungo infecta e digere os nematoides e seus ovos, como aqueles do gênero *Meloidogyne*, que contém as espécies fitopatogênicas mais abundantes no mundo, dentre elas, *M. incógnita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* (POWERS; HARRIS, 1993; DIAS-ARIEIRA et al., 2011).

Além da proteção contra nematoides e outros parasitas, o fungo *Pochonia chlamydosporia* também promove o crescimento da planta, tendo esse efeito comprovado em diversas culturas, como cevada (LARRIBA et al., 2015), tomate (ESCUDERO e LOPEZ-LLORCA, 2012), e alface (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015), embora essa capacidade dependa muito das características da planta hospedeira.

O maior crescimento ocorre principalmente nas raízes das plantas, devido à capacidade desse fungo em promover a regulação de vários genes responsáveis pela síntese de auxinas, que são de extrema importância no crescimento e desenvolvimento dos pelos radiculares (LARRIBA et al., 2015; ZAVALA-GONZALEZ et al., 2015; WAQAS et al., 2012).

O fungo *Pochonia chlamydosporia* é capaz de colonizar as raízes de uma grande variedade de culturas, algumas mais suscetíveis à colonização, como feijão e tomate, outras menos suscetíveis, como soja e trigo. Suas hifas podem se expandir pela rizosfera formando uma manta semelhante a aquela produzida pelos FMA, e essa característica está relacionada ao sucesso no controle dos nematoides (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2013). Quando presente nas raízes das plantas, esse fungo compete com os nematoides presentes nos nódulos das raízes, tendo pouco efeito sobre outros micro-organismos (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015).

3.1.6 Fungo *Purpureocillium lilacinum*

Assim como a *Pochonia chlamydosporia*, o fungo *Purpureocillium lilacinum*, conhecido antigamente como *Paecilomyces lilacinus*, também é estudado pela sua capacidade nematófaga (CASTILLO LOPEZ et al., 2014). O gênero *Paecilomyces* foi descrito por

Bainier em 1907, e suas espécies foram definidas por Samsom em 1974 (FERREIRA, 2010). Porém, esse fungo filamentososo pode ser encontrado em uma grande variedade de substratos, desde solos com diferentes culturas até ambientes ácidos e com grande quantidade de metais pesados (OGGERIN et al., 2013). Além das suas propriedades como parasita de ovos de nematoides, o *Purpureocillium lilacinum* pode promover o crescimento de plantas e controlar insetos e fungos (LOPEZ; SWORD, 2015).

Dentre as capacidades do *Purpureocillium lilacinum*, está a de sintetizar o tipo mais comum de Auxina, o Ácido Indolacético (AIA) (CAVELLO et al., 2015). O AIA é um fitohormônio responsável pelo aumento da superfície radicular das plantas, contribuindo para o desenvolvimento das raízes.

Para um controle biológico efetivo, o micro-organismo deve ser capaz de colonizar os tecidos internos da planta e se desenvolver na rizosfera, para defender a planta de patógenos oriundos do solo, como o *Verticillium dahliae*, combatido na berinjela com o uso do fungo *Purpureocillium lilacinum* (LAN et al., 2017).

3.1.7 Fungo *Trichoderma asperella*

As espécies do gênero *Trichoderma*, descrito pela primeira vez por Persoon em 1754 (STEINDORFF, 2016), possuem uma grande tolerância a metais pesados e são muito bem adaptadas a uma grande variedade de ambientes extremos (KREDICS et al., 2001). Colonizam tecidos vegetais, sendo capazes de aumentar a resistência do hospedeiro em habitats com estresses bióticos e abióticos (LUCON, 2009; MACHADO et al., 2012).

Essas características tornam os *Trichoderma* sp. aptos a formarem associações com plantas na fitorremediação de solos contaminados com metais pesados, diminuindo a toxicidade e aumentando a disponibilidade desses metais para serem absorvidos (BABU et al., 2014).

Outra capacidade das *Trichoderma* sp. é a de afetar patógenos de plantas, em função da competição por nutrientes, do micoparasitismo e da resistência gerada pelo fungo quando este se associa à planta hospedeira (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2014). Nesse sentido o gênero *Trichoderma* é muito importante para uso agrícola, visto que podem ser usados como biofungicidas em uma grande variedade de culturas.

O potencial em promover o crescimento das plantas está muito relacionado aos fitohormônios, seja por indução, inibição ou variações nas relações entre os mesmos,

principalmente afetando os mecanismos de produção e transporte de Auxinas (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

Outro exemplo é a relação de diminuição da produção de ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) (precursor do Etileno, responsável pela inibição do crescimento), e o aumento da síntese do Ácido Indolacético (AIA) (importante no desenvolvimento de raízes) (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2014).

Alguns isolados de *Trichoderma* são capazes de promover o crescimento nas plantas hospedeiras devido à maior absorção de nutrientes e disponibilidade de micronutrientes provocados pelo fungo (PEDRO et al., 2012).

Diversas espécies do gênero *Trichoderma* podem ser utilizadas como agentes no controle biológico de insetos e doenças. O *Trichoderma harzianum* possui atividades antagônicas ao fitopatógeno *Fusarium graminearum*, possivelmente devido à ação de enzimas hidrolíticas, e promove a comunidade microbiana na rizosfera do milho, tendo efeito no crescimento da planta e no controle de doenças (SARAVANAKUMAR et al., 2017).

Outra espécie capaz de controlar o *Fusarium* sp. é o *Trichoderma asperella*. Esse fungo quando aplicado na cultura da soja possui atividades antagônicas às espécies *F. oxysporum* e *F. proliferatum*, além de promover o crescimento das raízes (MILANESI et al., 2013).

No Egito, o fungo *Trichoderma asperella* foi encontrado na rizosfera de diferentes tipos de feijões, com alto nível de competição na rizosfera, capaz de inibir o crescimento dos fitopatógenos *F. semitectum* e *Alternaria alternata* possivelmente devido à competição direta por recursos (HASSAN; HEMEDA, 2016).

3.2 Micorriza arbuscular

Micorriza é a denominação de associações simbióticas entre alguns fungos do solo e raízes, onde as hifas dos fungos colonizam as raízes e crescem no solo, aumentando a absorção de água e nutrientes minerais (SMITH; READ, 2008). Por outro lado, as plantas fornecem fotossintatos para os fungos (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

As micorrizas podem ser classificadas de acordo com o tipo da interação do fungo com a planta. As ectomicorrizas apresentam colonização na raiz sem que as hifas entrem nas células e há formação do manto fúngico ao redor das raízes (SMITH; READ, 2008). As endomicorrizas apresentam hifas dentro das células corticais das raízes, enquanto as

ectoendomicorrizas apresentam características dos dois tipos anteriores (HOFFMANN; LUCENA, 2006).

As endomicorrizas são divididas em arbuscular, ericóide e orquidóide (SMITH; READ, 2008). A micorriza arbuscular é o tipo de associação micorrízica mais abundante no planeta, estando presente em quase todos os ecossistemas terrestres e em cerca de 80% das plantas vasculares (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006). O nome arbuscular deriva das estruturas chamadas de arbúsculos, formados pela ramificação das hifas dos fungos dentro das células das raízes, onde ocorre a maior parte das trocas de metabólitos entre fungos e plantas (HOFFMANN; LUCENA, 2006; SOUZA et al., 2006).

A origem da associação entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e plantas hospedeiras pode datar de até 450 milhões de anos atrás, quando as primeiras espécies de plantas estavam trocando o ambiente aquático pelo terrestre (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Isso pode ser evidenciado pela semelhança dos fungos contidos em fósseis desse período quando comparados aos atuais fungos arbusculares, mostrando a importância dos FMA no desenvolvimento e evolução das plantas (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Os FMA pertencem ao filo Glomeromycota e além de aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas, também influenciam a diversidade e abundância vegetal (VAN DER HEIJDEN et al., 1998), afetam a agregação dos solos, em função da estabilidade conferida pela interação entre as hifas extra-radiculares com as partículas do solo (RILLIG, 2004; CAVALCANTE; GOTO; MAIA, 2008), conseqüentemente alterando diversas propriedades do solo de extrema importância para as comunidades vegetais, como disponibilidade de água e nutrientes (ANGELINI et al., 2012; BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Os FMA são capazes de colonizar uma grande variedade de culturas mundialmente importantes como soja (ANGELINI et al., 2012), milho (BENEDETTI et al., 2005), café (FRANÇA et al., 2016; COGO et al., 2017), feijão (TAVARES et al., 2009), mandioca (BALOTA et al., 1995), cana-de-açúcar (REIS; PAULA; DÖBEREINER, 1999).

Na soja, estudos indicam que a associação com FMA pode promover o crescimento da planta, aumentando a massa seca da parte aérea (ANDRADE et al., 2003), além de aumentar a absorção de diversos nutrientes na planta hospedeira, como N, P, K, e Zn (BRESSAN et al., 2001), porém, esses efeitos dependem da interação fungo-planta e das condições ambientais, como disponibilidade de nutrientes (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000).

As interações entre Fungos Promotores do Crescimento Vegetal e Micorrizas Arbusculares foram discutidas na seção de Resultados e Discussão do presente trabalho.

3.3 Cultura da Soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma planta herbácea, dicotiledônea, da família Leguminosae, subfamília Papilionoide (MISSÃO, 2006), nativa da costa leste da Ásia. Desenvolveu-se a partir do centro da China, logo chegou à Coreia e ao Japão, e se espalhou pelo mundo por viajantes europeus e missionários chineses (BONATO; BONATO, 1987). Essa planta possui um ciclo vegetativo, da sementeira até o florescimento, e um ciclo reprodutivo, do florescimento à colheita (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

As primeiras citações ao grão de soja no oriente são extremamente antigas, datam de mais de 2800 anos Antes de Cristo, quando a soja era considerada em livros chineses como um grão sagrado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2017). Na civilização ocidental, essa cultura começou a ser introduzida na Europa apenas no século XVIII, com o primeiro plantio experimental ocorrendo em 1739 no Jardim Botânico de Paris, finalmente chegando à América em 1804, relatada pela primeira vez nos Estados Unidos da América (EUA), no Estado da Pensilvânia (BONATO; BONATO, 1987).

A soja foi introduzida no Brasil em 1882, vinda dos EUA para o Estado da Bahia como objeto de pesquisa. Os primeiros experimentos com essa cultura ocorreram em São Paulo no ano de 1891 (SCHLESINGER; NUNES, 2008). Os primeiros plantios da soja foram realizados no Rio Grande do Sul, no início do século XX, de onde se expandiu para outras regiões do país (FREITAS, 2011).

A partir de 1970, o comércio da soja atingiu outro patamar, devido à ampliação da indústria do óleo e do aumento da demanda internacional, a produção nacional passou de 1,5 milhão de toneladas para 15 milhões de toneladas entre 1970 e 1979. Essa ampliação foi relacionada ao desenvolvimento de tecnologias e pesquisas, que possibilitaram a soja se tornar a principal cultura do agronegócio brasileiro (Associação dos Produtores de Soja do Brasil – APROSOJA BRASIL, 2014).

Hoje, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA). Na safra 2016/2017, a cultura ocupou uma área de 33,89 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 113,92 milhões de toneladas, equivalendo a uma produtividade de 3.362 kg/ha. O Estado do Mato Grosso é o maior produtor brasileiro de soja, seguido do Paraná e do Rio Grande do Sul. Em relação à economia gerada pelo cultivo da

soja, a exportação de soja em grão, farelo e óleo gerou um total de US\$ 25,4 Bilhões (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017).

Diversos trabalhos relacionam os isolados fúngicos presentes nesse estudo e a soja. Porém, esses trabalhos testam os efeitos desses fungos de maneira individual, como o trabalho de Russo et al. (2018), que relatou a promoção do crescimento da soja pelo fungo *Beauveria bassiana*, ao constatar o aumento de todos os parâmetros testados, como altura, peso e produção da planta inoculada.

Estudos indicam que o *Metarhizium anisopliae* associado com a soja é capaz de promover o crescimento da parte aérea em condições normais e sobre estresse salino, aumentando o comprimento e o peso das plantas colonizadas com esse fungo (KHAN et al., 2012).

Na soja, o fungo *Pochonia chlamydosporia* pode ser utilizado para o controle de nematoides, tendo seu efeito comprovado sobre número de ovos de *Meloidogyne incógnita* nas raízes da planta (NUNES; MONTEIRO; POMELA, 2010), e sobre o número de juvenis de *M. incógnita* presentes no solo, possivelmente devido à capacidade do fungo em colonizar a rizosfera e parasitar os ovos dos nematoides (HAHN et al., 2015).

Os *Trichoderma* sp. podem colonizar todo o sistema de raiz da soja, competindo com outros micro-organismos do solo por nutrientes (HADDAD et al., 2017), podendo aumentar o comprimento das raízes e a taxa de germinação das sementes, a depender do isolado de *Trichoderma* utilizado na inoculação (TANČIĆ et al., 2013).

No entanto, pelo melhor que conhecemos, não existem relatos dos efeitos desses fungos sobre a colonização micorrízica arbuscular.

4. Justificativa da Pesquisa

No início do século XX, baseado no uso de fertilizantes minerais, pesticidas e melhoramento genético das culturas, a agricultura se expandiu, com a criação de grandes campos de produção das mais diversas culturas em todo o mundo (MATOS, 2010; HENRIQUES, 2009).

Apesar da revolução tecnológica ter propiciado o combate à fome, também estimulou o amplo e intensivo uso de defensivos agrícolas. Com isso, surgiram diversos efeitos negativos ao ambiente, como a eliminação de outros insetos controladores de pragas e de

micro-organismos importantes para o equilíbrio ecológico e produção vegetal (AZEVEDO et al., 2000; SPADOTTO et al., 2004; ROSSET et al., 2014). Dentre os organismos prejudicados com insumos externos, especialmente fungicidas, estão os fungos que promovem crescimento vegetal e podem estimular a rizosfera.

Visando contornar a perda de biodiversidade, as funções do solo e para estimular relações benéficas com as plantas, o uso de fungos promotores do crescimento vegetal pode contribuir para o controle biológico de pragas e doenças e estimular a produtividade primária. Assim, com menor uso de insumos externos como pesticidas e fertilizantes minerais, inclusive escassos como o fósforo, o uso dos fungos promotores de crescimento vegetal pode propiciar um ambiente ecologicamente estável. Um possível efeito ainda pouco explorado é sobre a micorriza arbuscular. É possível que a interação tripla de FMA, FPCV e planta aumentem a absorção de fósforo devido ao aumento de raízes, à solubilização de fósforo promovido pelos FPCV e ao maior volume de solo explorado pelas hifas micorrízicas (MWANGI et al., 2011).

Então para o melhor aproveitamento dos FPCV, são necessários estudos que busquem entender os efeitos da inoculação sobre o desenvolvimento da planta e os efeitos na rizosfera, inclusive sobre a colonização de fungos micorrízicos arbusculares.

5. Material e Métodos

Foram estabelecidos dois tratamentos em casa-de-vegetação de vidro, com controle de ventilação e umidade. Os tratamentos consistem em cultivar plantas de soja inoculadas e não inoculadas em vasos, com seis repetições em um delineamento inteiramente casualizado. No tratamento com os fungos promotores, o inóculo foi realizado nas sementes e nos estágios vegetativos da soja. A duração do experimento foi de 48 dias, com início em 15 de fevereiro de 2017 e término em 03 de abril do mesmo ano.

5.1 Inoculação das sementes

Os meios de cultura contendo esporos de cada isolado foram cedidos pela empresa BIOSAG – Comércio e Serviços Agrícolas Ltda. Cada frasco com os esporos fúngicos foi suspenso em 500 mL de água destilada e misturada por liquidificador. Para a contagem de esporos em cada solução se usou a câmara de Neubauer (MARQUES; MONTEIRO;

PEREIRA, 2004). Então, os cinco isolados foram reunidos, resultando em uma suspensão contendo: *Beauveria bassiana* ($1,1 \times 10^7$ esporos mL^{-1}), *Metarhizium anisopliae* ($1,2 \times 10^7$ esporos mL^{-1}), *Pochonia chlamydosporia* ($3,0 \times 10^6$ esporos mL^{-1}), *Purpureocillium lilacinum* ($6,0 \times 10^5$ esporos mL^{-1}), e *Trichoderma asperella* ($1,5 \times 10^7$ esporos mL^{-1}).

Desta solução, foram aplicados 10 mL para cada 100 g de sementes de soja (tratamento inoculado), misturando-as até a secagem da suspensão.

5.2 Experimento em casa-de-vegetação

Nove sementes de soja, variedade 7200 I Pro, foram colocadas por vaso a 1 cm de profundidade da superfície do solo. O mesmo foi feito para as sementes não inoculadas (controle) e todas foram mantidas em uma casa-de-vegetação, dentro do Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia. A irrigação foi manual e diariamente, entre cinco e seis horas da tarde.

O solo utilizado no experimento é um Latossolo vermelho distrófico típico, coletado em novembro de 2016, usado em 2015 e 2016 para cultivo de milho e sorgo.

Com o primeiro trifólio totalmente expandido foi realizado o desbaste de plantas para que restassem duas por vaso (Figura 1).

Figura 1 - Planta da soja não inoculada cultivada em casa-de-vegetação.



Fonte: Autor (2017)

A inoculação da parte aérea foi realizada diluindo-se em cem vezes (10 mL : 990 mL) a suspensão inicial para se obter uma concentração de esporos na magnitude entre 10^4 e 10^6 esporos mL⁻¹, e aplicando-se 5 mL por planta quando apresentavam o primeiro trifólio totalmente desenvolvido e 8 mL por planta após 28 dias.

A coleta do experimento foi feita no estágio R1, que marca o início do florescimento, onde todas as plantas apresentavam pelo menos uma inflorescência.

A parte aérea foi cortada com uma tesoura bem rente ao solo. Foram calculadas a Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Fresca das Raízes (MFR), Massa Fresca dos Nódulos (MFN), Quantidade de Nódulos (QN), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca das Raízes (nódulos + raízes) (MSR), e Massa Seca dos Nódulos (MSN) das plantas inoculadas e não inoculadas.

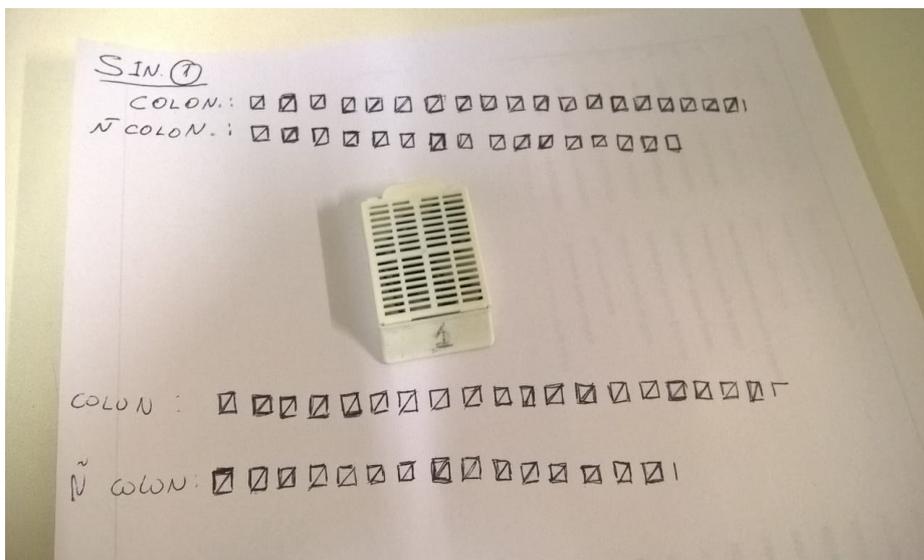
Os nódulos das raízes foram separados manualmente e a terra retirada com água corrente.

A secagem das amostras para obter as massas secas ocorreu em uma estufa a 60 °C durante 72 horas, após esse período as amostras das raízes, parte aérea e nódulos foram pesadas em uma balança analítica.

5.3 Colonização micorrízica arbuscular

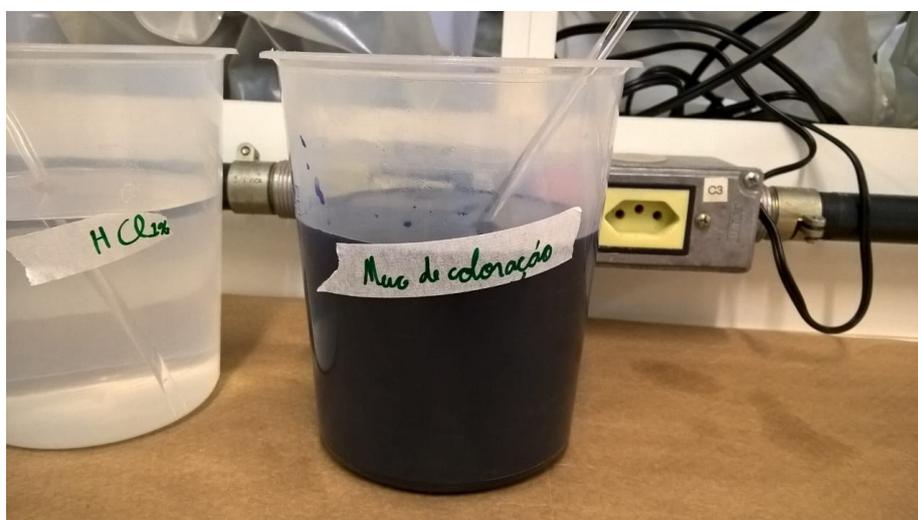
Uma parte representativa das raízes de cada amostra foi retirada e acondicionada em cassetes histológicos devidamente identificados (Figura 2). Esses cassetes foram lavados com água de torneira para eliminar os restos de solo das amostras e imersos em KOH 10% durante 15 horas em temperatura ambiente para a clarificação. Então, a solução de KOH 10% foi renovada e os cassetes permaneceram em banho-maria a 60° C por 10 minutos. Para a acidificação, os cassetes contendo as raízes foram lavados em água de torneira e colocados em uma solução de HCl 1% (Figura 3) por 1 minuto. Após, os cassetes foram imersos em solução de coloração (Figura 3) (tinta de caneta azul Parker® 5%, ácido acético 5% e lactoglicerol 10%) a 90° C durante 3 minutos (VIERHEILIG et al., 1998).

Figura 2 – Cassete histológico contendo raiz de soja inoculada com o consórcio fúngico e contagem da colonização micorrízica arbuscular



Fonte: Autor (2017)

Figura 3 – Solução de acidificação e meio de coloração

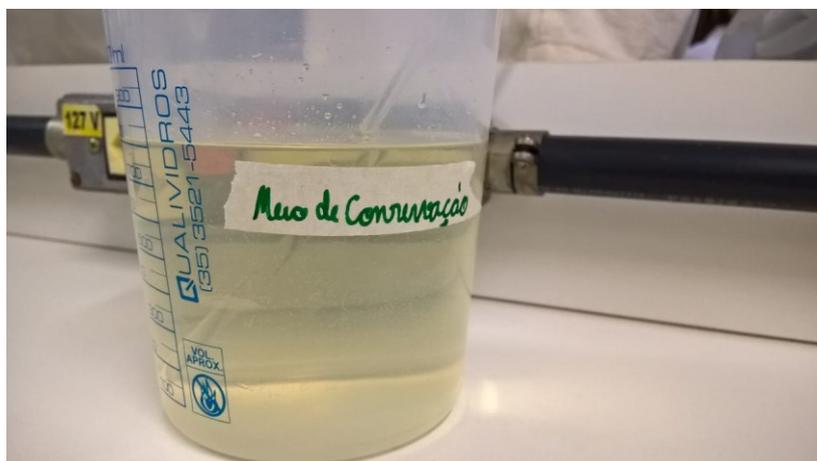


Fonte: Autor (2017)

As raízes foram preservadas em lactoglicerol (Figura 4) (ácido láctico : glicerol : água destilada), até serem analisadas pelo método de interseção de linhas, descrito por Giovannetti e Mosse (1980). Para isso, em uma placa de petri (Figura 5), contaram-se os segmentos das raízes de soja colonizadas e não colonizadas nas intersecções de linhas horizontais e verticais, marcadas a 1 cm, com visualização em um microscópio estereoscópico. A classificação das

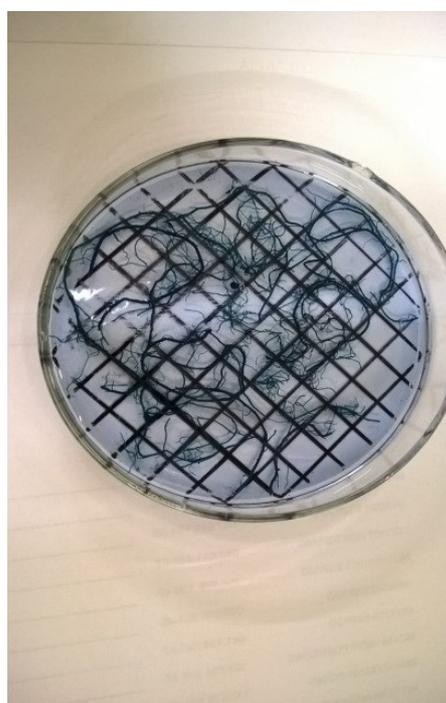
raízes ocorreu de acordo com a coloração das mesmas, sendo a presença de estruturas fúngicas visualizadas por uma coloração azul mais intensa.

Figura 4 – Meio de conservação



Fonte: Autor (2017)

Figura 5 – Placa de petri preparada para análise da colonização micorrízica arbuscular



Fonte: Autor (2017)

A percentagem de colonização micorrízica foi calculada como:
 $100 * [\text{colonizada} / (\text{colonizada} + \text{não colonizada})]$.

5.4 Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados de colonização micorrízica foram transformados em $(\text{Arco-Seno } x)^{0,5}$ para normalização.

6. Resultados e Discussão

6.1 Parte Aérea e Raízes

A inoculação com o consórcio fúngico estimulou o crescimento das raízes de soja (Tabela 1), sendo que a massa fresca das raízes inoculadas foi 43,19% maior em relação às não inoculadas. Enquanto a massa seca das raízes inoculadas com o consórcio fúngico obteve um aumento de 83,02% quando comparadas ao controle.

Os tratamentos não tiveram efeitos significativos sobre o número de nódulos, massa de nódulos, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea.

Tabela 1 – Variáveis de crescimento de plantas de soja, quando inoculadas e não inoculadas com a solução fúngica composta pelos fungos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp., *Pochonia* sp., *Purpureocillium lilacinum* e *Trichoderma asperella*

Variável	Inoculado	Não Inoculado
MFPA (g)	53,442 (6,62) a	52,048 (14,13) a
MFR (g)	29,446 (5,37) a	20,564 (4,75) b
MFN (g)	3,670 (0,26) a	3,172 (1,23) a
MSPA (g)	12,868 (2,01) a	12,016 (2,91) a
MSR (g)	4,290 (0,89) a	2,344 (0,65) b
Nº de Nódulos	208,200 (16,30) a	231,200 (72,92) a

Médias (Desvio Padrão) das variáveis das plantas de soja inoculadas e não inoculadas com o consórcio fúngico. MFPA: Massa Fresca Parte Aérea; MFR: Massa Fresca Raízes; MFN: Massa Fresca Nódulos; MSPA: Massa Seca Parte Aérea; MSR: Massa Seca Raízes.

Os efeitos de FPCV nas raízes já foram relatados em trabalhos que utilizaram alguns dos fungos do consórcio aplicado nesse estudo. Espécies do gênero *Metarhizium* promoveram o aumento da massa das raízes de gramíneas e de trigo (BEHIE; BIDOCHKA, 2014). Esse

aumento pode ser explicado pela capacidade que algumas espécies desse gênero possuem em transferir nitrogênio de insetos mortos para a planta (BEHIE; ZELISKO; BIDOCHKA, 2012). No entanto, é pouco provável que isso tenha acontecido devido às condições em casa-de-vegetação.

Outros trabalhos estudam a aplicação conjunta dos fungos e seus efeitos nas plantas hospedeiras, por exemplo, os fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são capazes de colonizar as raízes de mandioca e promover o crescimento da planta (GREENFIELD et al., 2016).

O *B. bassiana*, muito estudado por sua capacidade endofítica, consegue colonizar de maneira sistêmica o feijão (*Vicia faba*), promovendo o crescimento da parte aérea e das raízes (JABER; ENKERLI, 2016).

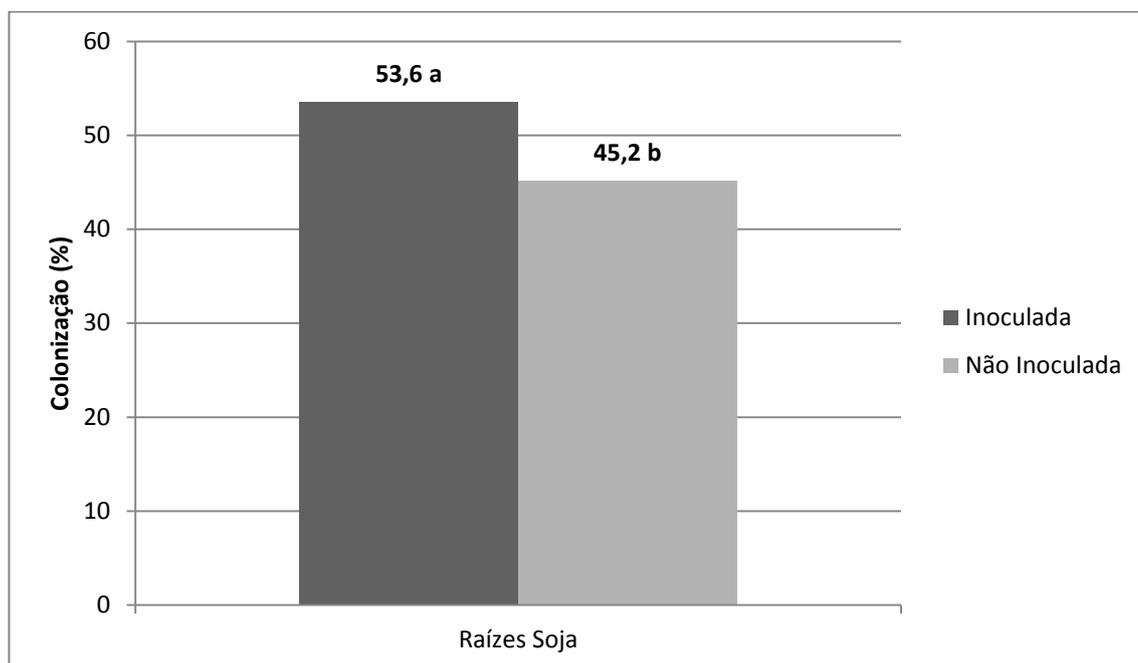
Os *Metarhizium* sp. estabelecem uma relação simbiótica com a planta hospedeira, aumentando a absorção de nitrogênio da mesma e recebendo carboidratos (BARELLI et al., 2016). O fungo *Pochonia chlamydosporia* influencia no crescimento dos pelos radiculares das raízes devido à sua capacidade de regular a produção de auxinas (LARRIBA et al., 2015).

O maior desenvolvimento das raízes inoculadas pode ser explicado pelo fato do *Pochonia chlamydosporia*, o *Purpureocillium lilacinum* e os *Trichoderma* sp. poderem sintetizar auxinas, como o Ácido Indolacético (AIA), importante fitohormônio para o desenvolvimento das raízes. Esse hormônio tem função no comprimento vertical das raízes quando produzido em pequena quantidade e no aumento da formação de raízes laterais quando presente em grande quantidade (CAVELLO et al., 2015; MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2014).

6.2 Colonização micorrízica arbuscular

As amostras inoculadas com o consórcio dos cinco isolados de fungos apresentaram uma porcentagem média de colonização de 53,6%, valor significativamente maior que os 45,2% das amostras não inoculadas (Figura 6).

Figura 6 – Porcentagem de colonização micorrízica arbuscular das raízes de soja inoculadas e não inoculadas com um consórcio de cinco isolados fúngicos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, e *Trichoderma asperella*).



Alguns estudos relatam a ação conjunta de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e Fungos Promotores do Crescimento Vegetal (FPCV) no melhoramento de várias culturas mundialmente importantes. A interação entre fungos entomopatogênicos e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode causar diversos efeitos benéficos na planta hospedeira. No milho, a inoculação conjunta de FMA e *B. bassiana* aumenta a absorção de fósforo e nitrogênio, promovendo o crescimento das raízes e mitigando os efeitos da herbivoria (ZITLALPOPOCA-HERNANDEZ et al., 2017).

Quando utilizado em conjunto com FMA, o efeito do *M. anisopliae* sobre os insetos e patógenos beneficia o crescimento do feijão, pois a planta consegue aproveitar melhor os recursos disponibilizados pelos FMA (NGAKOU et al., 2007a). A interação do *M. anisopliae* com os FMA pode aumentar a absorção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, embora não se conheça ao certo os mecanismos responsáveis por essa maior absorção de nutrientes (NGAKOU et al., 2007b).

O fungo *P. lilacinum* pode ser utilizado em conjunto com outros FMA, mas a interação entre eles depende da espécie de FMA utilizada. A dupla inoculação do FMA *Glomus intraradices* e do fungo nematófago *Purpureocillium lilacinum* para o controle de *Meloidogyne incógnita* no tomate não apresentou redução das populações de nenhum dos

fungos em decorrência da presença do outro, o que sugere que a competição na rizosfera não tem muito efeito sobre a colonização do *P. lilacinum* (RAHMAN, 2015).

Os efeitos da interação entre FMA e FPCV podem ser positivos, negativos ou neutros, dependendo das espécies de fungos envolvidas e da planta hospedeira. A interação FMA-FPCV pode afetar a promoção do crescimento da planta, a germinação de esporos e expansão dos micélios dos fungos, a colonização micorrízica das raízes, entre outros (SALDAJENO, 2011).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da aplicação de consórcios de FPCV sobre a colonização micorrízica arbuscular. Os FPCV afetam a colonização das raízes pelos FMA, assim como o contrário também é possível. Porém, dependendo das características dos fungos envolvidos, a colonização micorrízica pode ser beneficiada ou prejudicada.

Embora algumas espécies do gênero *Fusarium* sejam causadoras de doenças nas plantas (MILANESI et al., 2013), a alta heterogeneidade e variabilidade genética desses fungos possibilitam a utilização do *Fusarium* sp. como promotor do crescimento vegetal (QUERALES, 2010; VITORINO et al., 2016; SILVA et al., 2006). O FMA *Glomus mosseae* possui relações antagônicas com *Fusarium equiseti*: o FPCV inibiu a colonização das raízes de pepino pelo *G. mosseae*, possivelmente pela produção de substâncias redutoras da germinação de esporos. Por outro lado, foi relatado que o fungo saprófito *Fusarium oxysporum* promoveu o crescimento da parte aérea e aumentou a colonização micorrízica nas raízes de ervilha (FRACCHIA et al., 2000).

Outro estudo envolvendo cinco isolados do fungo *Trichoderma pseudokoningii* mostrou que quatro inibiram a germinação de esporos dos FMA *Glomus mosseae* e *Gigaspora rosea* (MARTINEZ et al., 2004). Uma das possíveis razões para essa inibição é o efeito dos exsudados produzidos pelo *T. pseudokoningii*, demonstrando que esses efeitos variam muito de acordo com os fungos utilizados e da interação entre eles.

Por outro lado, já foi relatado que o FPCV *Trichoderma harzianum* aumentou a colonização micorrízica das raízes de melão, quando inoculado em conjunto com o FMA *Glomus constrictum* ou com o *Glomus intraradices* sobre baixa concentração de fertilizantes (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2011). Esse aumento possivelmente foi devido à produção de exsudados solúveis pelo FPCV ou à síntese de fitohormônios.

Diversos Fungos Promotores do Crescimento Vegetal são capazes de produzir, alterar ou inibir fitohormônios nas plantas hospedeiras, e esses hormônios podem influenciar a colonização das raízes por FMA. As auxinas desempenham uma função importante na

colonização micorrízica e na formação de arbúsculos: um sintético análogo à Auxina (2,4-D) aumentou a colonização micorrízica e a quantidade de arbúsculos nas raízes de tomate e da planta *Medicago truncatula* (ETEMADI et al., 2014). As Auxinas são importantes durante a formação dos arbúsculos, pois são responsáveis por regular a polaridade das células corticais, além de modificar as estruturas celulares para viabilizar a formação do arbúsculo (ETEMADI et al., 2014).

Dentre os fungos que compõem a suspensão fúngica utilizada na inoculação das sementes de soja, o *Metarhizium anisopliae*, o *Pochonia chlamydosporia* e o *Purpureocillium lilacinum* podem produzir ou induzir a produção de Auxinas (LIAO et al., 2014; LARRIBA et al., 2015; CAVELLO et al., 2015) que, por sua vez, podem ser responsáveis pelo aumento da colonização micorrízica nas raízes inoculadas com FPCV em comparação ao controle.

Outro hormônio relacionado com a simbiose entre plantas e FMA é o Ácido Jasmônico (AJ), que pode influenciar de várias maneiras o desenvolvimento da colonização micorrízica. Esse efeito depende da planta hospedeira, da concentração de AJ e das características do experimento (FOO et al., 2013). Dessa forma, a presença do AJ pode produzir resultados contrastantes, como aumentar ou diminuir a porcentagem de raízes colonizadas por fungos micorrízicos e a formação de arbúsculos em plantas deficientes na síntese e percepção de AJ (LEÓN-MORCILLO et al., 2012). Levando isso em consideração, os FPCV *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma* sp. são capazes de aumentar os níveis de AJ na cevada (LARRIBA et al., 2015) e na *Arabidopsis thaliana* (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2011). Porém, o efeito variável do AJ sobre os FMA dificulta a identificação da ação desse hormônio sobre o crescimento da colonização micorrízica nas plantas inoculadas.

O Etileno (ET) é um hormônio vegetal relacionado ao sistema de defesa da planta contra estresses físicos e fitopatógenos (SILVA et al., 2008). No entanto, alguns estudos relacionam esse hormônio como inibidor do crescimento vegetal e da colonização micorrízica (RIEDEL; GROTEN; BALDWIN, 2008). Em estudo relacionando o efeito do etileno sobre a colonização micorrízica, tomates geneticamente modificados para sintetizar ET em excesso resultaram em uma menor colonização das raízes pelo FMA *Glomus clarum* comparado com os tomates sem modificações; enquanto os tomates modificados para não reagirem ao ET produziram os maiores valores de colonização e quantidade de arbúsculos (FRACETTO et al., 2013). Esses resultados são provavelmente devidos à indução do sistema de defesa da planta pelo etileno, que aumentam a produção de enzimas, como as quitinases, responsáveis por degradar a parede celular dos fungos. Por outro lado, o efeito do ET sobre os FMA depende

da concentração do mesmo na planta, de forma que baixas concentrações de ET podem até mesmo auxiliar a simbiose entre plantas e fungos (FRACETTO et al., 2013; KIRIACHEK et al., 2009). Além disso, algumas espécies de *Trichoderma*, como o *T. harzianum*, podem reduzir a quantidade de ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC), precursor do etileno, nas plantas hospedeiras, o que pode afetar o crescimento vegetal e a colonização micorrízica (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2014).

7. Considerações Finais

A associação entre plantas e micro-organismos vem se tornando uma alternativa viável para aumentar a produtividade e diminuir os danos causados ao ambiente pelo uso exagerado de agrotóxicos e fertilizantes minerais em diversas culturas ao redor do mundo.

Alguns fungos podem beneficiar a planta hospedeira de diversas maneiras: os FPCV podem promover o crescimento da parte aérea e das raízes; os fungos entomopatogênicos podem ser usados como agentes no controle biológico de pragas e doenças; e os FMA aumentam a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

No estudo em questão, foram identificados os efeitos da inoculação de um consórcio fúngico composto por cinco FPCV sobre o crescimento e a colonização micorrízica arbuscular da soja (*Glycine max*).

O inóculo dos fungos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, e *Trichoderma asperella* aumentou significativamente a massa seca (83,02%) e fresca (43,19%) das raízes de soja em comparação com o controle. A colonização micorrízica arbuscular nas raízes inoculadas com FPCV também foi maior (53,6%) comparando com as raízes de soja não inoculadas (45,2%). É possível que esses efeitos venham da regulação da produção de hormônios vegetais relacionados ao crescimento das raízes proporcionado pelos FPCV. Além disso, os FPCV produzem exsudados que podem beneficiar a simbiose entre os FMA e as plantas.

O crescimento das raízes e da colonização micorrízica pode influenciar na absorção de nutrientes vegetais e, portanto, os FPCV podem ser uma alternativa para diminuir o uso de fertilizantes minerais na cultura da soja.

Referências

AKELLO, J. et al. The effects of *Beauveria bassiana* dose and exposure duration on colonization and growth of tissue cultured banana (*Musa sp.*) plants. **Biological Control**, New York, v. 49, n. 1, p. 6-10, Apr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.06.002>.

ALVES, S. B. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 77-86, Abr. 1992. Disponível em: < <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3822/1113>>. Acesso em 30 Mar. 2018.

ANDRADE, S. A. L. et al. Interação de chumbo, da saturação por bases do solo e de micorriza arbuscular no crescimento e nutrição mineral da soja. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 945-954, Oct. 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500019>.

ANGELINI, G. A. R. et al. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 115-130, Jan./Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p115>.

APROSOJA – Associação dos Produtores de Soja. **A História da Soja**. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>. Acesso em 13 Abr. 2018.

AZEVEDO, J.L. et al. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v.3, n. 1, p. 40-65, 2000. Disponível em: <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/viewFile/v3n1-4/842>. Acesso em 30 Mar. 2018.

AZEVEDO, J. L. Microrganismos endofíticos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Ecologia Microbiana**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. p. 117-137.

BABU, A. G. et al. *Trichoderma virens* PDR-28: a heavy metal-tolerant and plant growth-promoting fungus for remediation and bioenergy crop production on mine tailing soil. **Journal of Environmental Management**, United Kingdom, v. 132, p. 129-134, Jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.10.009>.

BALOTA, E. L. et al. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 11, p. 1.335-1.345, Nov. 1995. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4432>. Acesso em: 05 Mar. 2018.

BARELLI, L. et al. Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 90, n. 6, p. 657-664, Apr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0413-z>.

BEHIE, S. W.; BIDOCHKA, M. J. Ubiquity of Insect-Derived Nitrogen Transfer to Plants by Endophytic Insect-Pathogenic Fungi: an Additional Branch of the Soil Nitrogen Cycle. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 80, n. 5, p. 1553-1560, Mar. 2014. Disponível em: <http://aem.asm.org/content/80/5/1553.full>. Acesso em 11 Abr. 2018.

BEHIE, S. W.; ZELISKO, P. M.; BIDOCHKA, M. J. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. **Science**, New York, v. 336, n. 6088, p. 1.576-1.577, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1222289>.

BENEDETTI, T. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 44-51, 2005. Disponível em: <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5397>. Acesso em 05 Mar. 2018.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 54-79.

BITTENCOURT, V. R. E. P.; MASCARENHAS, A. G.; FACCINI, J. L. H. Mecanismo de infecção do fungo *Metarhizium anisopliae* no carrapato *Boophilus microplus* em condições experimentais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 351-354, Jun. 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781999000200028&lng=en&nrm=iso. Acesso em 30 Mar. 2018.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: História e Estatística**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 1987. 61 p. (Embrapa - CNPSo, Documento 21). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/446431/a-soja-no-brasil-historia-e-estatistica>. Acesso em 13 Abr. 2018.

BRESSAN, W. et al. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, Feb. 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200015>.

CASTILLO LOPEZ, D. et al. The entomopathogenic fungal endophytes *Purpureocillium lilacinum* (formerly *Paecilomyces lilacinus*) and *Beauveria bassiana* negatively affect cotton aphid reproduction under both greenhouse and field conditions. **Plos One**, San Francisco, v. 9, n. 8, p. 1-8, Aug. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0103891.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5, p. 180-208, 2008. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/179>. Acesso em 28 Fev. 2018.

CAVELLO, I. A. et al. Plant growth promotion activity of Keratinolytic Fungi growing on a recalcitrant waste known as (hair waste). **Biotechnology research international**, New York, v. 2015, p. 1-10, Nov. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/952921>.

CHAPLA, V. M.; BIASETTO, C. R.; ARAUJO, A. R. Fungos Endofíticos: Uma Fonte Inexplorada e Sustentável de Novos e Bioativos Produtos Naturais. **Revista Virtual de**

Química, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 421-437, 2013. Disponível em: <http://rvq.sbgq.org.br/imagebank/pdf/v5n3a06.pdf>. Acesso em 06 Abr. 2018.

COGO, F. D. et al. Arbuscular mycorrhiza in Coffea Arabica L.: review and meta-analysis. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 419-443, Jul./Set. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076328/arbuscular-mycorrhiza-in-coffee-arabica-l-review-and-meta-analysis>. Acesso em 13 Abr. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Grãos 2017**. Brasília, 2017.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. Trichoderma-induced plant immunity likely involves both hormonal- and camalexin dependent mechanisms in Arabidopsis thaliana and confers resistance against necrotrophic fungus Botrytis cinerea. **Plant signal & behavior**, Georgetown, v. 6, n. 10, p. 1.554-1.563, Oct. 2011. DOI: [10.4161/psb.6.10.17443](https://doi.org/10.4161/psb.6.10.17443).

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. Trichoderma virens, a Plant Beneficial Fungus, Enhances Biomass Production and Promotes Lateral Root Growth through an Auxin-Dependent Mechanism in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 149, n. 3, p. 1.579-1.592, Mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>.

DALLEMOLE-GIARETTA, R. et al. Pochonia chlamydosporia promotes the growth of tomato and lettuce plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 417-423, Oct./Dec. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.25042>.

DARA, S. K.; DARA, S. R. Entomopathogenic fungus Bauveria bassiana endophytically colonizes strawberry plants. **Strawberries and Vegetables**, California, Fev. 2015. Disponível em: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=16811>. Acesso em 06 Abr. 2018.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. Efficiency of Pochonia chlamydosporia in Meloidogyne incognita control in lettuce crop (Lactuca sativa L.). **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 9, n. 3-4, p. 561-563, Out. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **História da Soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em 13 Abr. 2018.

ESCUADERO, N.; LOPEZ-LLORCA, L. V. Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus Pochonia chlamydosporia. **Symbiosis**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 33-42, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-012-0173-3>.

ETEMADI, M. et al. Auxin perception is required for arbuscule development in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 166, n. 1, p. 281-292, Sept. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.246595>.

FARIA, M. R. de; MAGALHÃES, B. P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. **Biociência**, Brasília, n. 22, p. 18-21, Set./Out. 2001. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/284267729_O_uso_de_fungos_entomopatogenicos_no_Brasil>. Acesso em 30 Mar. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1.039-1.042, Dec. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FERREIRA, E. P. Observação microscópica da interação de macrófagos murinos e células da linhagem J774 com isolados de *Paecilomyces lilacinus*. 2010. 63 f. Dissertação (Pós Graduação em Microbiologia e Parasitologia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/6714>. Acesso em 12 Abr. 2018.

FOO, E. et al. Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: an emerging role for gibberellins. **Annals of Botany**, Oxford, v. 111, n. 5, p. 769-779, May. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct041>.

FRACCHIA, S. et al. Effect of the saprophytic fungus *Fusarium oxysporum* on arbuscular mycorrhizal colonization and growth of plants in greenhouse and field trials. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 223, n. 1-2, p. 177-186, Aug. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004848504918>.

FRACETTO, G. G. M. et al. Tomato ethylene mutants exhibit differences in arbuscular mycorrhiza development and levels of plant defense-related transcripts. **Symbiosis**, Philadelphia, v. 60, n. 3, p. 155-167, July 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-013-0251-1>.

FRANÇA, A. C. et al. Mycorrhizal fungi increase coffee plants competitiveness against *Bidens pilosa* interference. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 132-139, Abr./Jun. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v46n2/1983-4063-pat-46-02-0132.pdf>. Acesso em 21 Jul. 2018.

FREITAS, M. de C. M. de. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, Jan. 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/a%20cultura%20da%20soja.pdf>. Acesso em 13 Abr. 2018.

GARCIA, M. V. et al. Mechanism of infection and colonization of *Rhizoglyphus sanguineus* eggs by *Metarhizium anisopliae* as revealed by scanning electron microscopy and histopathology. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 368-372, Dec. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822005000400012>.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, UK, v. 84, n. 3, p. 489-500, Mar. 1980. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>.

GREENFIELD, M. et al. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* endophytically colonize cassava roots following soil drench inoculation. **Biological Control**, v. 95, p. 40-48, Apr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.002>.

HADDAD, P. E. et al. Selection of Trichoderma spp. strains for the control of Sclerotinia sclerotiorum in soybean. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 52, n. 12, p. 1.140-1.148, Dec. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200002>.

HAHN, M. H. et al. Controle alternativo sobre Meloidogyne incognita em soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, p. 281-285, Dec. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1818/sap.v14i0.13317>.

HASSAN, G. M.; HEMEDA, N. F. In vitro assessment of Trichoderma asperella isolated from plant rhizosphere and evaluation of their potential activity against some pathogenic fungi. **Egyptian journal of genetics and cytology**, Faium, v. 45, n. 1, 113-128, Jan. 2016. Disponível em: <http://journal.esg.net.eg/index.php/EJGC/article/view/218>. Acesso em 16 Jul. 2018.

HENRIQUES, F. S. A revolução verde e a biologia molecular. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 245-254, Dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2009000200022. Acesso em 29 Jul. 2018.

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. **Para entender micorrizas arbusculares**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 22. (Embrapa Algodão, Documento 156).

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>.

KESWANI, C.; SINGH, S. P.; SINGH, H. B. Beauveria bassiana: Status, Mode of action, Applications and Safety issues. **Biotech Today**, Varanasi, v. 3, n. 1, p. 16-20, Jan./June 2013. DOI: [10.5958/j.2322-0996.3.1.002](https://doi.org/10.5958/j.2322-0996.3.1.002).

KHAN, A. L. et al. Pure culture of Metarhizium anisopliae LHL07 reprograms soybean to higher growth and mitigates salt stress. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 1.483-1.494, Apr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0950-9>.

KIRIACHEK, S. G. et al. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 1-16, Feb. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100001>.

KREDICS, L. et al. Breeding of mycoparasitic Trichoderma strains for heavy metal resistance. **Letters in Applied Microbiology**, v. 33, n. 2, p. 112-116, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2001.00963.x>.

LAN, X. et al. Evaluation of the Biocontrol Potential of Purpureocillium lilacinum QLP12 against Verticillium dahliae in Eggplant. **BioMed Research International**, Cairo, Volume 2017. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/4101357>.

LARRIBA, E. et al. Endophytic colonization of barley (Hordeum vulgare) roots by the nematophagous fungus Pochonia chlamydosporia reveals plant growth promotion and a

general defense and stress transcriptomic response. **Journal of plant research**, Tokyo, v. 128, n. 4, p. 665-678, July, 2015. DOI: [10.1007/s10265-015-0731-x](https://doi.org/10.1007/s10265-015-0731-x).

LEÓN-MORCILLO, R. J. et al. Late activation of the 9-oxylipin pathway during arbuscular mycorrhizal formation in tomato and its regulation by jasmonate signaling. **Journal experimental botany**, Oxford, v. 63, n. 10, p. 3.545-3.558, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers010>.

LIAO, X. et al. The plant beneficial effects of *Metarhizium* species correlate with their association with roots. **Applied Genetics and Molecular Biotechnology**, Berlim, v. 98, n. 16, p. 7089-7096, May 2014. DOI: [10.1007/s00253-014-5788-2](https://doi.org/10.1007/s00253-014-5788-2).

LOPES, R. B.; ALVES, S. B.; TAMAI, M. A. Fungo *Metarhizium anisopliae* e o controle de *Frankliniella occidentalis* em alface hidropônico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 239-243, Apr./June 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000200007>.

LOPEZ, D. C.; SWORD, G. A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). **Biological control**, New York, v. 89, p. 53-60, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.03.010>.

LUCON, C.M.M. Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma spp.* 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm. Acesso em 28 Jul. 2018.

LUZ, J. S. et al. Atividade Enzimática de Fungos Endofíticos e Efeito na Promoção do Crescimento de Mudas de Maracujazeiro-Amarelo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 128-134, Abr./Jun. 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/31/793>. Acesso em 03 Abr. 2018.

MACHADO, D. F. M. et al. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, Jun. 2012. Disponível em http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2012000100026&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 13 Abr. 2018.

MANZANILLA-LÓPEZ, R. H. et al. *Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo-parasitic Nematodes. **Journal of Nematology**, v. 45, n. 1, p. 1-7, Mar. 2013. PMID: 23589653.

MARQUES, R. P.; MONTEIRO, A. C.; PEREIRA, G. T. Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo diferentes concentrações do óleo de Nim (*Azadirachta indica*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1.675-1.680, Nov./Dec. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600002>.

MARTÍNEZ-MEDINA, A. et al. Phytohormone Profiles induced by *trichoderma* isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on melon plants. **Journal of chemical ecology**, New York, v. 40, n. 7, p. 804-815, July 2014. DOI: 10.1007/s10886-014-0478-1.

MARTÍNEZ-MEDINA, A. et al. The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. **Phytochemistry**, Amsterdam, v. 72, n. 2-3, p. 223-229, Feb. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.11.008>.

MARTINEZ, A. et al. Interactions between *Trichoderma pseudokoningii* strains and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Gigaspora rosea*. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 14, n. 2, p. 79-84, Apr. 2004. DOI: [10.1007/s00572-003-0240-y](https://doi.org/10.1007/s00572-003-0240-y).

MATOS, A. K. V. de. Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, Monte Carmelo, v. 10, n. 12, p. 1-17, 2010. Disponível em: <http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/view/134/120>. Acesso em 29 Jul. 2018.

MCKINNON, A. C. et al. Detection of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* in the Rhizosphere of Wound-Stressed Zea mays Plants. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 9, n. 1161, p. 1-16, June 2018. DOI: [10.3389/fmicb.2018.01161](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01161).

MILANESI, P. M. et al. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 3, p.347-356, Jul. 2013. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000300010. Acesso em 16 Jul. 2018.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciências Empresariais**, Maringá, v. 3, n. 1, p. 7-15, Jan./Jun. 2006. Disponível em: <http://www.maringamanagement.com.br/novo/index.php/ojs/article/viewArticle/54>. Acesso em 13 Abr. 2018.

MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 84, p. 1-10, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000552015>.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 31 p.

MUSSI-DIAS, V. et al. Fungos endofíticos associados a plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 261-266, Mar. 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722012000200002>>. Acesso em 30 Mar. 2018.

MWANGI, M. W. et al. Inoculation of tomato seedlings with *Trichoderma harzianum* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their effect on growth and control of wilt in tomato seedlings. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 508-513, Abr./Jun. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3769820/>. Acesso em 29 Jul. 2018.

NGAKOU, A. et al. Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Rhizobia and Metarhizium anisopliae to cowpea production in Cameroon. **International Journal of Agricultural Research**, New York, v. 2, n. 9, p. 754-764, Sept. 2007a. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijar.2007.754.764>.

NGAKOU, A. et al. Arbuscular-Mycorrhizal Fungi, Rhizobia and Metarhizium anisopliae enhance P, N, Mg, K and Ca accumulations in fields grown cowpea. **Journal of Plant Sciences**, New York, v. 2, n. 5, p. 518-529, May. 2007b. DOI: <https://doi.org/10.3923/jps.2007.518.529>.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 329-338, June 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000200010>.

NUNES, H. T.; MONTEIRO, A. C.; POMELA, A. W. V. Uso de agentes microbianos e químico para o controle de Meloidogyne incognita em soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 403-409, Sept. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i3.2166>.

OGGERIN, M. et al. Specific jarosite biomineralization by Purpureocillium lilacinum, an acidophilic fungi isolated from Río Tinto. **Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 15, n. 8, p. 2.228-2.237, Jan. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1462-2920.12094>.

PAVA-RIPOLL, M. et al. The rhizosphere-competent entomopathogen Metarhizium anisopliae expresses a specific subset of genes in plant root exudate. **Microbiology**, London, v. 157, p. 47-55, Jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1099/mic.0.042200-0>.

PEDRO, E. A. de S. et al. Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por Trichoderma spp. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1.589-1.595, Nov. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100005>.

POWERS, T.O.; HARRIS, T.S. A Polymerase Chain Reaction Method for Identification of Five Major Meloidogyne Species. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 1, p. 1–6, Mar. 1993. PMID: [19279734](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19279734/).

QUERALES, P. J. Caracterização morfológica e genética de Fusarium spp. isolados de sementes e associados à podridão do colmo de milho (Zea mays L.). 2010. 83 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-03082010-092742/pt-br.php>. Acesso em 22 Jul. 2018.

QUESADA-MORAGA, E.; LÓPEZ-DÍAZ, C.; LANDA, B. B. The hidden habit of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana: first demonstration of vertical plant transmission. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 9, n. 2, p. 1-6, Feb. 2014. DOI: [10.1371/journal.pone.0089278](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089278).

RAHMAN, MD. M. Root colonization and persistence of *Purpureocillium lilacinum* in rhizosphere as influenced by some crop species and *Meloidogyne incognita*. 2015. 86 f. Thesis (Master of Science in Plant Pathology) – Faculty of Agriculture, Sher-e-Bangla Agricultural University, Dhaka, 2015.

REIS, V. M.; PAULA, M. A. de.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1.933-1.941, Oct. 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999001000021>.

RENUKA, S.; RAMANUJAM, B.; POORNESHA, B. Endophytic Ability of Different Isolates of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in Stem and Leaf Tissues of Maize (*Zea mays* L.). **Indian Journal of Microbiology**, Bangalore, v. 56, n. 2, p. 126-133, Apr./June 2016. DOI: [10.1007/s12088-016-0574-8](https://doi.org/10.1007/s12088-016-0574-8).

RIEDEL, T.; GROTEN, K.; BALDWIN, I. T. Symbiosis between *Nicotiana attenuata* and *Glomus intraradices*: ethylene plays a role, jasmonic acid does not. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 31, n. 9, p. 1.203-1.213, Sept. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01827.x>.

RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 355-363, Nov. 2004. DOI: <https://doi.org/10.4141/S04-003>.

ROBERTS, D.W.; HUMBER, R.A. Entomogenous Fungi. In: COLE, G.T.; KENDRICK, B. **Biology of Conidial Fungi**, New York: Academic Press, 1981, p. 201-236. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-179502-3.50014-5>.

ROSSET, J. S. et al. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 2, p. 80-94, Abr./Jun. 2014. Disponível em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7351/7390>. Acesso em 29 Jul. 2018.

RUSSO, M. L. et al. Effect of endophytic entomopathogenic fungi on soybean *Glycine max* (L.) Merr. growth and yield. **Journal of King Saud University – Science** (2018). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.008>.

SALDAJENO, M. G. B. Investigation on the interactions between Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) and Plant Growth-Promoting Fungi (PGPF) in their root colonization and disease suppression. 2011. 115 f. Thesis (Doctor of Philosophy - PhD) – The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Gifu, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270219860_Investigation_on_the_Interactions_Between_Arbuscular_Mycorrhizal_Fungus_AMF_and_Plant_Growth-Promoting_Fungi_PGPF_in_their_Root_Colonization_and_Disease_Suppression. Acesso em 01 Maio 2018.

SANTOS, L. S. et al. A interação harmônica entre fungos e plantas: aspectos da relação endófito/hospedeiro. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 1, p. 92-101, Jan./Abr. 2013. Disponível em:

<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/1335/487>. Acesso em 30 Mar. 2018.

SANTOS, T. T.; VARAVALHO, M. A. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 199-212, Dec. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2011v32n2p199>.

SARAVANAKUMAR, K. et al. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium Stalk rot. **Scientific reports**, London, v. 7, n. 1, p. 1-13, May 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01680-w>.

SCHLESINGER, S.; NUNES, S. P. A soja na agricultura familiar: os casos de Planalto (PR) e Três de Maio (RS). In: SCHLESINGER, S.; NUNES, S. P.; CARNEIRO, M. S. **A agricultura familiar da soja na região sul e o monocultivo no Maranhão**: Duas faces do cultivo da soja no Brasil. Rio de Janeiro: FASE, 2008. 148p.

SILVA, R. A. da. et al. **Defesa de plantas contra o ataque de fitopatógenos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 49 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 250). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/630318/1/doc250.pdf>. Acesso em 30 Jul. 2018.

SILVA, R. L. de O. et al. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 649-655, Set. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000300015>. Acesso em 30 Mar. 2018.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. de. Controle biológico de insetos-praga na soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCOE, R. (Ed.). **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Maracaju, MS: Fundação MS, 2014. p. 178-193.

SMITH, S. E.; READ, D. Growth and carbon economy of arbuscular mycorrhizal symbionts. In: SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. New York, 2008. p. 117-137. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>.

SOUZA, V. C. de. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 612-618, Jul./Set. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000300011. Acesso em 27 Fev. 2018.

SPADOTTO, C. A. et al. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14523/monitoramento-do-risco-ambiental-de-agrotoxicos-principios-e-recomendacoes>. Acesso em 29 Jul. 2018.

STEINDORFF, A. S. Genômica estrutural e funcional de fungos do gênero *Trichoderma*. 2016. 96 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/20049>. Acesso em 12 Abr. 2018.

ST. LEGER, R. J.; WANG, C.; FANG, W. New perspectives on insect pathogens. **Fungal Biology Reviews**, London, v. 25, n. 2, p. 84-88, July 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2011.04.005>.

SUDHA, V. et al. Biological properties of Endophytic Fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 59, p. 1-7, Maio 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132016000100413&lng=en&nrm=iso. Acesso em 03 Abr. 2018.

TANČIĆ, S. et al. Impact of Trichoderma spp. on soybean seed germination and potential antagonistic effect on Sclerotinia sclerotiorum. **Pesticides and Phytomedicine**, Belgrade, v. 28, n. 3, p. 181-185, Oct. 2013. DOI: [10.2298/PIF1303181T](https://doi.org/10.2298/PIF1303181T).

TAVARES, R. de C. et al. Produção de Biomassa do Feijão-de-corda Associado aos Fungos Micorrízicos Arbusculares sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 2, Dez. 2009. ISSN 1980-9735. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9191>. Acesso em 28 Jul. 2018.

TIAGO, P. V.; OLIVEIRA, N. T. de; LIMA, E. Á. de L. A. Biological insect control using Metarhizium anisopliae: morphological, molecular, and ecological aspects. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 645-651, Apr. 2014. DOI: [http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000400012](https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000400012).

TULLOCH, M. The genus Metarhizium. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 66, n. 3, p. 407-411, 1976.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A. et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v. 396, n. 6706, p. 69-72, Nov. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1038/23932>.

VIERHEILIG, H. et al. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied environmental microbiology**, Washington, DC, v. 64, n. 12, p. 5.004-5.007, Dez. 1998. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9835596>. Acesso em 30 Jul. 2018.

VITORINO, L. C. et al. Growth promotion mediated by endophytic fungi in cloned seedlings of Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla hybrids. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 15, n. 48, p. 2.729-2.738, Nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2016.15706>.

WAGNER, B. L.; LEWIS, L. C. Colonization of Corn, Zea mays, by the Entomopathogenic Fungus Beauveria bassiana. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 66, n. 8, p. 3468-3473, Ago. 2000. Disponível em: <http://aem.asm.org/content/66/8/3468.long>. Acesso em 06 Abr. 2018.

WAQAS, M. et al. Endophytic fungi produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and promotes host-plant growth during stress. **Molecules**, Beijing, v. 17, n. 9, p. 10.754-10.773, Sept. 2012. DOI: 10.3390/molecules170910754.

WILLCOX, J.; TRIBE, H. T. Fungal parasitism in cysts of Heterodera: I. Preliminary investigations. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 62, n. 3, p. 585-594, June 1974. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(74\)80069-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(74)80069-0).

ZAVALA-GONZALEZ, E. A. et al. Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 166, n. 3, p. 472–483, May 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12199>.

ZITLALPOPOCA-HERNANDEZ, G. et al. Multitrophic interactions between maize mycorrhizas, the root feeding insect *Phyllophaga vetula* and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 115, p. 38-43, July 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.014>.