



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO

VANICE CONCEIÇÃO DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE ISOLADOS DO FUNGO *Trichoderma* spp.
COMO AGENTES DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*
Mart.)**

**PORTO NACIONAL - TO
2023**

VANICE CONCEIÇÃO DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE ISOLADOS DO FUNGO *Trichoderma spp.*
COMO AGENTES DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*
Mart.)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do
Tocantins – UFT, como requisito
parcial à obtenção do Título de
Mestre em Biodiversidade,
Ecologia e Conservação, sob
orientação do Prof. Dr. Fabyano
Alvares Cardoso Lopes.

**PORTO NACIONAL - TO
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- N244a Nascimento, Vanice Conceição do.
Avaliação do potencial uso de isolados do fungo *Trichoderma* spp. como agentes de crescimento em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). / Vanice Conceição do Nascimento. – Porto Nacional, TO, 2023.
55 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, 2023.
Orientador: Fabyano Alvares Cardoso Lopes
1. *Trichoderma*. 2. Promotores do crescimento vegetal. 3. Controle biológico. 4. Cerrado tocaninense. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Vanice Conceição do Nascimento

Avaliação do potencial uso de isolados do fungo *Trichoderma* spp. como agentes de crescimento em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 27/02/2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes, UFT

Profa. Dra. Solange Aparecida Ságio, UFT

Prof. Dr. Ronaldo Rodrigues Coimbra, UFT

Porto Nacional - TO, 2023

AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, muitas pessoas contribuíram direta ou indiretamente para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Então, a palavra gratidão define o meu sentimento a todos os envolvidos.

Agradeço a minha família, pelo apoio, carinho e amor incondicional. Minha mãe, Margarida Nascimento, por sempre se fazer presente em minha vida. Minha irmã, Vanessa Nascimento, vulgo mãe do Kall-el, que sempre tive como segunda mãe, sorte a minha. Meu irmão, Murilo Conceição, pelo apoio. Meu sobrinho, afilhado, querido e amado, Kal-el, que resinificou muitas coisas em minha vida, *“De todo amor que eu tenho, metade foi tu que me deu, salvando minh'alma da vida, sorrindo e trazendo meu eu”*. Amo vocês!

A minha prima, Saraniza Conceição, pelo ponto de apoio em Palmas. Ao Daniel Silvério, pelo suporte, conselhos e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes, por todo apoio, confiança, aprendizado, conselhos e compreensão. Obrigada pela oportunidade e convivência. E como sempre foi dito, toda a dedicação no mais elevado nível e em triplicata haha, não traduz minha gratidão.

Aos professores do quadro PPGBEC, obrigada pelos ensinamentos e ampliação de visão do mundo.

Ao Laboratório de Microbiologia (LabMic), Kárita Cristine, Kamila Lourrane, Rafaela Almeida, pelo acolhimento, parceria, apoio e reciprocidade.

Obrigada!

RESUMO

Espécies do gênero *Trichoderma* estão amplamente distribuídas no globo terrestre e possui alto valor tecnológico por apresentar importante função como controle biológico de fitopatógenos e promoção do crescimento vegetal. No controle biológico, isolados desse gênero possuem características relevantes que os favorecem em termos de sobrevivência no ambiente como alta capacidade de adaptação às condições ecológicas, potencial em colonizar a rizosfera das plantas, micoparasitismo e produção de metabólitos voláteis e não voláteis. Já a promoção do crescimento em planta por esse gênero ocorre devido a uma variedade de fatores que podem envolver a produção de vitaminas ou a conversão de materiais em formas assimiláveis às plantas, a absorção e transporte de minerais. Ainda, através da produção de auxinas e metabólitos como 6-pentil- α -pirona (6PP), os fungos do gênero *Trichoderma* favorecem o desenvolvimento das raízes, tornando-as mais profundas e vigorosas, proporcionando maior tolerância a seca. Dada tal importância, o presente trabalho buscou destacar a eficiência do *Trichoderma* para o controle biológico em diversas culturas, situado no capítulo 1; e avaliar o potencial dos isolados de *Trichoderma* na promoção do crescimento de mudas de açaí, situado no capítulo 2, destacando ainda a necessidade de estudos voltados para o cerrado tocantinense, assim como o isolamento de espécies nativas da região.

Palavras-chave: Isolados de *Trichoderma*; Controle biológico; Promoção de crescimento vegetal; Cerrado tocantinense.

ABSTRACT

Species of the genus *Trichoderma* are widely distributed across the globe and have high technological value because they play an important role in biological control of phytopathogens and promotion of plant growth. In biological control, isolates of this genus have relevant characteristics that favor them in terms of survival in the environment, such as high adaptability to ecological conditions, potential to colonize the rhizosphere of plants, mycoparasitism and production of volatile and non-volatile metabolites. The promotion of plant growth by this genus occurs due to a variety of factors that may involve the production of vitamins or the conversion of materials into forms assimilable to plants, the absorption and transport of minerals. Also, through the production of auxins and metabolites such as 6-pentyl- α -pyrone (6PP), fungi of the genus *Trichoderma* favor the development of roots, making them deeper and more vigorous, providing greater tolerance to drought. Given such importance, the present work sought to highlight the efficiency of *Trichoderma* for biological control in different cultures, located in chapter 1; and to evaluate the potential of *Trichoderma* isolates in promoting the growth of açai seedlings, located in chapter 2, also highlighting the need for studies focused on the Cerrado of Tocantins, as well as the isolation of native species in the region.

Keywords: *Trichoderma* isolates; Biological control; Promotion of plant growth

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Isolados de *Trichoderma* coletados no Brasil. A) Isolado *T. harzianum* ALL-42 crescido em meio BDA (ágar batata dextrose). B) Isolado *T. asperellum* T-00 crescido em meio BDA (Ágar Batata Dextrose). 16
- Figura 2. Mecanismos de interação de *Trichoderma* spp. e fitopatógenos. (A) Amarelo, vermelho e azul correspondem às ações antagonísticas do *Trichoderma* a partir do contato com fitopatógenos; (B) Contato de hifas fúngicas (*Trichoderma* spp. em verde e fitopatógenos em laranja). Os elementos em rosa correspondem ao processo de competição por espaço (base longa) e nutrientes (retângulos). Os círculos azuis correspondem aos metabólitos produzidos por *Trichoderma*. As estrelas amarelas representam as enzimas produzidas por *Trichoderma* no processo micoparasitário. 17
- Figura 3. Fitopatógenos de destaque no cenário agrícola do Centro-Oeste e do Tocantins combatidos por fungos do gênero *Trichoderma*. A) *Fusarium oxysporum*. B) *Sclerotinia sclerotiorum*. C) *Rhizoctonia solani*. D) *Colletotrichum gloeosporioides*. A seta em vermelho indica a estrutura de resistência (escleródio) produzida por *S. sclerotiorum*. 19
- Figura 4. Diagrama esquemático resumindo as etapas do desenvolvimento do trabalho de pesquisa em que se buscou avaliar o potencial dos isolados de *Trichoderma* como promotores no crescimento em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*). O produto final de cada etapa está presente no último quadrante de cada processo..... 30
- Figura 5. Aplicações das suspensões fúngicas nas mudas de açaí para a verificação do potencial no desenvolvimento vegetal, Porto Nacional, TO, 2022. A primeira aplicação das suspensões foi realizada com 30 dias após a semeadura: (A) Medição da suspensão em proveta. (B) Aplicação da suspensão nas mudas de açaí. (C) Pós-aplicação da suspensão nas mudas de açaí. A segunda aplicação das suspensões foi realizada com 65 após a semeadura: (D) Medição da suspensão em proveta. (E) Aplicação da suspensão nas mudas de açaí. (F) Pós-aplicação da suspensão nas mudas de açaí. 34
- Figura 6. Estruturas fúngicas características do gênero *Trichoderma* spp2. observadas em microscópio óptico a 100x de aumento. As seguintes estruturas estão indicadas por setas: (A) Hifas (B) Clamidósporos (C) Conídios. 36
- Figura 7. Apresentação macroscópica da variedade morfológica de isolados de *Trichoderma* provenientes das amostras de solo, rizosfera e raízes cultivados em meio de cultura BDA. (A) e (D) *Trichoderma* spp2 e *Trichoderma* spp4 isolados de amostras do solo. (B) e (E) *Trichoderma* spp1 e *Trichoderma* spp5 isolados de amostras da rizosfera. (C) e (F) *Trichoderma* spp3 e *Trichoderma* spp6 isolados de amostras da raiz..... 36

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Tratamentos com os respectivos isolados inoculados em mudas de açaí para a verificação do potencial no desenvolvimento vegetal - Porto Nacional, TO, 2022.32
- Tabela 2. Análise de variância da altura de Planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) com e sem e inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.....38
- Tabela 3. Análise de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) sem e com inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.38
- Tabela 4. Análise de variância de volume (mm³), área superficial (mm²) e diâmetro ponderado (mm) das raízes das mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) com e sem inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.....39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO: FUNGOS DO GÊNERO <i>Trichoderma</i>: APLICAÇÃO CONTRA FITOPATÓGENOS E PERSPECTIVAS PARA OS ESTADOS DE GOIÁS, TOCANTINS	12
2 <i>TRICHODERMA</i>: UM EFICAZ ACB	15
3 PRINCIPAIS FITOPATÓGENOS COMBATIDOS PELO ACB <i>TRICHODERMA</i> ...	19
4 USO DO <i>TRICHODERMA</i> NA AGRICULTURA	22
5 PESQUISAS SOBRE <i>TRICHODERMA</i> NO CENTRO-OESTE E NO TOCANTINS	24
6 PERSPECTIVAS.....	25
7 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE ISOLADOS DO FUNGO <i>Trichoderma</i> spp. COMO AGENTES DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i> MART.).....	26
8 OBJETIVOS	29
8.1 Geral.....	29
8.2 Específicos.....	29
9 MATERIAL E MÉTODOS	30
9.1 Desenho experimental.....	30
9.2 Área de estudo e Isolamento do <i>Trichoderma</i> spp.	30
9.3 Confirmação do gênero e seleção dos isolados de <i>Trichoderma</i>.....	31
9.4 Isolados utilizados para aplicação nas mudas de açaí e manutenção dos organismos	31
9.5 Condução e inoculação dos isolados de <i>Trichoderma</i> spp. nas sementes pré-germinadas e nas mudas de açaí.....	32
9.6 Avaliação do desenvolvimento das mudas de açaí	34
9.7 Determinação da arquitetura do sistema radicular de mudas de açaí	35
10 RESULTADOS	36
10.1 Área e confirmação do gênero <i>Trichoderma</i>.....	36
10.2 Desenvolvimento das mudas de açaí com e sem inoculação de <i>Trichoderma</i>	37
10.3 Determinação da arquitetura do sistema radicular das mudas de açaí.....	39
11 DISCUSSÃO	40
11.1 Determinação da arquitetura do sistema radicular das mudas de açaí.....	42
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

APRESENTAÇÃO GERAL

A presença de fitopatógenos em culturas agrícolas grandes prejuízos na produção. Especificamente, fungos patogênicos habitantes do solo são responsáveis por perdas significativas em vários cultivos agrícolas. Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (FAO, 2021), mostram que cerca de 40% de toda produção agrícola global é perdida em decorrência ao ataque de pragas agrícolas. E para conter tais perdas na produção, a cada ano que se passa, o Brasil vem intensificando o uso de produtos químicos, como demonstram dados de 2019 em que foram aprovados, pelo Ministério da Agricultura, 474 novos registros de agroquímicos, entre similares disponíveis no mercado e novos ingredientes ativos (Valadares et al., 2020). Com isso, o país ocupa a 4^a posição no ranking mundial de uso de agrotóxicos da FAO (Brasil, 2019b). Essa tendência ao uso exagerado tem acarretado vários problemas ambientais como a contaminação do solo, da água e dos animais, alterando sua morfologia e função dentro do ecossistema (Lopes e Albuquerque, 2018a), além de serem nocivos à saúde humana e aumentar a resistência de pragas do cultivo atual e futuros.

Uma das alternativas ao uso de agroquímicos é o biocontrole, que a partir da introdução de microrganismos ou de suas moléculas biologicamente ativas conseguem agir contra os fitopatógenos, evitando assim, seu estabelecimento na planta hospedeira. Além de atuar no controle de fitopatógenos por conta de sua versatilidade como parasitismo, antibiose e competição, as espécies de *Trichoderma* também são empregadas como promotores no crescimento vegetal, estimulando ainda a resistência nas plantas contra patógenos (Louzada et al., 2009). Sua capacidade em incrementar crescimento em plantas é devido a capacidade de conversão de materiais em forma assimiláveis pelas plantas, na solubilização de vários nutrientes e no aumento da disponibilidade de ferro e fósforo (Barros, 2019), induzindo a precocidade e maturidade na germinação das plantas, produtividade e área foliar e resultados superiores em massa seca (Machado et al., 2012a)

Levando em consideração a diversidade e importância do gênero *Trichoderma* tanto para o controle de fitopatógenos quanto para o desenvolvimento de plantas, é preciso ampliar o desenvolvimento de trabalhos que priorizem as espécies nativas para cada região, buscando assim, resultados satisfatórios com isolados mais adaptados às condições *in situ*.

1 INTRODUÇÃO: FUNGOS DO GÊNERO *Trichoderma*: APLICAÇÃO CONTRA FITOPATÓGENOS EPERSPECTIVAS PARA OS ESTADOS DE GOIÁS, TOCANTINS

O cenário brasileiro é marcado pelo agronegócio, movimentando a economia através do consumo interno e exportação do que é produzido, contribuindo na geração de emprego em diversas etapas da cadeia produtiva e nas implementações em tecnologia. De acordo com Pignati et al., (2017) para manter esse setor em franca expansão, o cenário agrícola tem consumido de forma demasiada diferentes insumos agrícolas, desde sementes transgênicas e não transgênicas, fertilizantes e agroquímicos. O Brasil é uma das lideranças mundiais no setor do agronegócio, contudo, essa liderança pode impactar diretamente numa dependência crescente de insumos importados, com ênfase em agroquímicos sintéticos, e conseqüentemente, tornando um dos países líderes no consumo desses produtos.

O Centro-Oeste brasileiro e o Estado do Tocantins estão ligados as atividades agrícolas desde a década de 70 devido à expansão agrícola no Cerrado e à consolidação como polo agrícola na região se deu com o desenvolvimento de sementes de soja adaptadas aos solos da região, uma das principais culturas relacionadas ao abastecimento do mercado interno e externo. Junto com a soja, outras culturas têm um grande impacto na economia da região Centro-Oeste e Tocantins como o cultivo de milho, sorgo, feijão, algodão, entre outros (Flores et al., 2012; Menke et al., 2009). Em 2013, o Estado do Tocantins ocupava o primeiro lugar no ranking no consumo de agroquímicos entre os Estados da região Norte, sendo a aplicação desses químicos associada às monoculturas como a soja, milho algodão e cana-de-açúcar (Brasil, 2018).

De acordo com o Art. 2º da Lei Federal 7.802, de 11 de Julho de 1989, os agroquímicos são definidos como produtos ou agentes de processos físicos, químicos ou biológicos utilizados na produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagem e proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas, bem como ambientes urbanos, hídricos e industriais, com a finalidade de alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (Brasil, 1989).

Os agroquímicos são substâncias químicas que agem contra qualquer agente que possa comprometer tanto o cultivo quanto o armazenamento da produção agrícola. Embora os organismos-alvo absorvam a maioria destas substâncias, uma proporção significativa ainda é transportada para o meio ambiente através do ar, da água e são consistentemente encontradas

no solo, águas superficiais e subterrâneas (Oliveira et al., 2021a). Como resultado, pelo efeito residual desses produtos, organismos não-alvo são constantemente afetados. Outro agravante no país é o uso de agrotóxicos comprovadamente tóxicos que são proibidos em outras partes do mundo. Dentre os 50 produtos comerciais mais vendidos no Brasil, 22 são proibidos na Europa, como triclorofenol, 2,4-D, paraquat e alguns herbicidas triazínicos (Oliveira et al., 2021a).

A grande utilização dos agroquímicos se dá pelo seu impacto na produtividade das culturas, entretanto, os efeitos colaterais causados pelo uso desses produtos tornam suas vantagens pouco notáveis (Guarda et al., 2016). E quando aplicados de forma inadequada ou exagerada, podem causar danos severos como contaminar o solo e os organismos presentes no ambiente, aumentando a resistência de pragas do cultivo atual, dos demais que estão por vir, e até mesmo de culturas em áreas próximas, vindo a interferir nos organismos vivos, sejam eles, terrestres ou aquáticos, alterando sua morfologia e função dentro do ecossistema (Lopes e Albuquerque, 2018b). Diversos trabalhos ressaltam a ineficiência dos fungicidas no combate as estruturas de resistências fúngicas (escleródios) presentes no solo das lavouras contaminadas (Brewer e Larkin, 2005; Silveira et al., 2003; Tsrer e Peretz-Alon, 2005). Além de causar problemas ambientais abrangentes, os agroquímicos são nocivos à saúde humana, tanto aos que residem nas proximidades, quanto aqueles que futuramente venham a consumir tais produtos.

Por volta da década de 1950, surgiu uma nova alternativa bem menos nociva no controle de pragas agrícolas, conhecida como “controle biológico”. A primeira publicação relacionada ao controle biológico foi com Foster, onde ele utilizou o fungo *Trichoderma* contra o vírus do mosaico do fumo, conseguindo êxito no controle da determinada praga (Morandi e Bettiol, 2009).

Sendo assim, o controle biológico busca a eliminação destas pragas de forma natural, utilizando-se de organismos vivos chamados de Agentes de Controle Biológico (ACB), podendo ser fungos, bactérias, insetos, entre outros. Tais agentes podem contribuir de forma positiva nas culturas, produção e economia, sendo que o crescimento no mercado de defensivos biológicos segue a tendência mundial de redução no uso de agroquímicos (Rodrigues et al., 1998). Assim, os agricultores têm adotado novos mecanismos no controle dessas pragas, sendo que o controle biológico tem alcançado um grande destaque nas plantações. Os ACBs podem ser manuseados de forma direta (inserido de forma viva) ou indireta (introduzido apenas os metabólitos produzidos pelo ACB) (Di Piero e Garda, 2008;

Júnior et al., 2000; Lazzaretti e Bettiol, 1997; Morandi e Bettiol, 2009). Assim, o uso de ACBs pode levar a redução ou eliminação do uso de alguns agroquímicos e, conseqüentemente, reduzir a exposição de agroquímicos aos produtores e técnicos, além da ausência de resíduos nos alimentos e menor risco de poluição ambiental (Lucon; Chaves; Bacilieri, 2014).

Segundo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020), a produção de insumos biológicos para controle de pragas e doenças agrícolas, cresceu mais de 70% resultando em um faturamento de R\$ 464.5 milhões em vendas. No Brasil, a maioria dos produtos biológicos de controle, disponíveis no mercado, apresentam como ativos um ou mais agentes biológicos. Existem pelo menos 194 produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que apresentam em sua formulação algum organismo benéfico.

Os ACBs são inofensivos a saúde humana e ao meio ambiente (são naturais da microbiota do solo), assim, devido a essas características, estes vêm causando uma redução do uso de agroquímicos e propiciando um cultivo em equilíbrio nos ecossistemas. Atualmente, entre os organismos mais usados no controle biológico de pragas estão os fungos do gênero *Trichoderma*.

2 TRICHODERMA: UM EFICAZ ACB

Os fungos do gênero *Trichoderma* pertencem ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes e família Hypocreaceae com características fenotípicas de fácil percepção, variando de parasitas de fungos macroscópicos à rizosfera (De Abreu e Pfenning, 2019). Esses fungos são mesófilos, porém, estão distribuídos em todo globo terrestre, sendo que em sua maioria em regiões de clima tropical e temperado (Machado, Parzianello, Silva, et al., 2012).

Atualmente, estima-se que a diversidade de fungos varie de 2.2 a 3.8 milhões de espécies (Calaça et al., 2021), e pouco mais de 375 espécies de *Trichoderma* são aceitas e podem ser identificadas por meio de filogenia molecular (Cai e Druzhinina, 2021). A maioria dessas espécies não habita o solo ou tem uma ampla distribuição geográfica, mas possui distribuição restrita e consiste em parasitas fúngicos macroscópicos e apodrecedores de madeira (Druzhinina et al., 2011). As espécies do gênero *Trichoderma* são definidos por algumas características fenotípicas comuns (por exemplo, colônias verdes) (Figura 1), como ampla distribuição geográfica, crescimento rápido e altamente capazes de parasitar ou preda outros fungos e, no caso de algumas espécies, são capazes de estabelecer interações benéficas com plantas, resultando na promoção de crescimento e indução de resistência a doenças e estresses abióticos (Harman et al., 2004a).

Figura 1. Isolados de *Trichoderma* coletados no Brasil. A) Isolado *T. harzianum* ALL-42 crescido em meio BDA (ágar batata dextrose). B) Isolado *T. asperellum* T-00 crescido em meio BDA (Ágar Batata Dextrose).

A



B



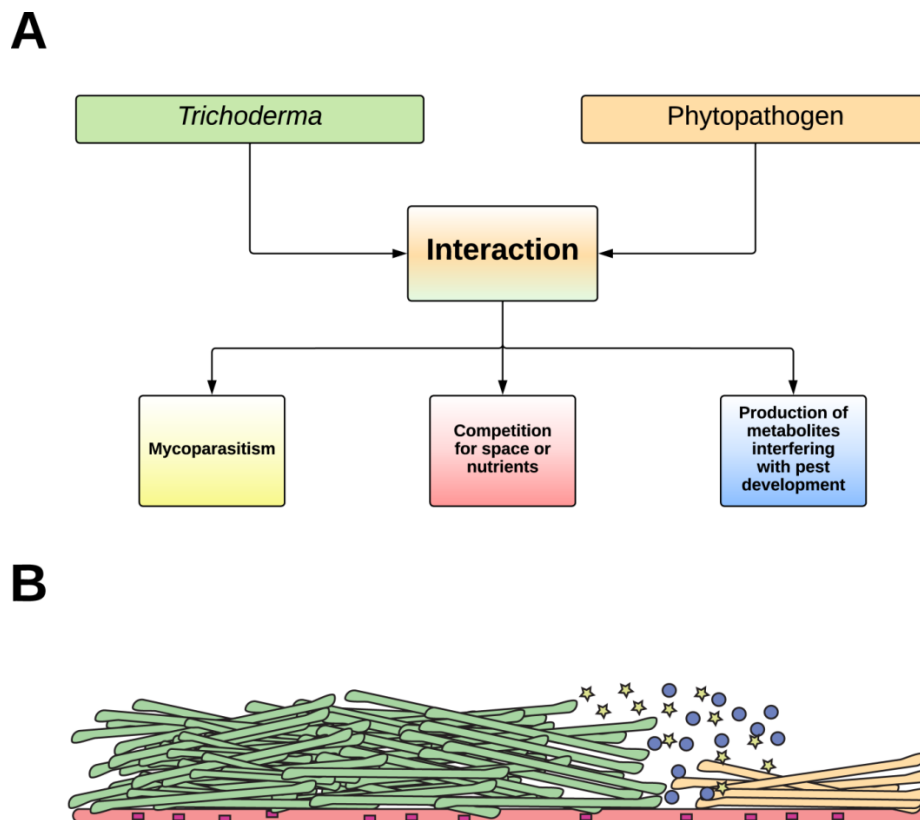
Fonte: Lopes, 2021.

Como citado anteriormente, o gênero *Trichoderma* é eficaz a diferentes fitopatógenos, isso se deve a sua alta capacidade de ser encontrado em diversos solos e substratos. Além de possuir um crescimento acelerado que favorece a colonização do hábitat. Esses fungos podem crescer em solos que não possuem culturas agrícolas, podendo inativar estruturas de infecção e de resistência de patógenos presentes no solo (Lucon et al., 2014). Assim, os isolados de *Trichoderma* podem atuar de forma preventiva e não somente curativa, sendo que a sua aplicação pode ser realizada antes da ocorrência de doenças.

Diversos estudos comprovam a eficácia de isolados de *Trichoderma* frente à fitopatógenos encontrados no solo, responsáveis pela infecção de raízes e incidência de podridões em plantas, como os fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Sclerotinia* (Lucon et al., 2014). Essa eficácia do *Trichoderma* no controle desses fitopatógenos se dá por ações antagonistas que podem ser classificadas em: i) micoparasitismo – secreção de enzimas

hidrolíticas que atuam na parede celular do hospedeiro; ii) competição por espaço ou por nutrientes; e iii) produção de metabólitos que interferem no desenvolvimento da praga (BETTIOL, 2001) (Figura 2).

Figura 2. Mecanismos de interação de *Trichoderma* spp. e fitopatógenos. (A) Amarelo, vermelho e azul correspondem às ações antagônicas do *Trichoderma* a partir do contato com fitopatógenos; (B) Contato de hifas fúngicas (*Trichoderma* spp. em verde e fitopatógenos em laranja). Os elementos em rosa correspondem ao processo de competição por espaço (base longa) e nutrientes (retângulos). Os círculos azuis correspondem aos metabólitos produzidos por *Trichoderma*. As estrelas amarelas representam as enzimas produzidas por *Trichoderma* no processo micoparasitário.



Fonte: Nascimento, 2022.

O micoparasitismo permite ao organismo do gênero *Trichoderma* uma nutrição biotrófica e saprófita, que por meio desse artifício, as enzimas secretadas por estes fungos impedem a germinação de esporos, crescimento das hifas e o desenvolvimento de escleródios e clamidósporos (estruturas de resistências) de outras espécies, inclusive patógenos

(Druzhinina et al., 2018; Monte et al., 2019). Ampliando seu papel antagônico, as espécies de *Trichoderma* contam com a produção de uma vasta diversidade de metabólitos secundários que apresentam propriedades antibióticas a muitas espécies, potencializando a eficácia do controle populacional das outras espécies como praga alvo (Hermosa et al., 2014; Monte et al., 2019).

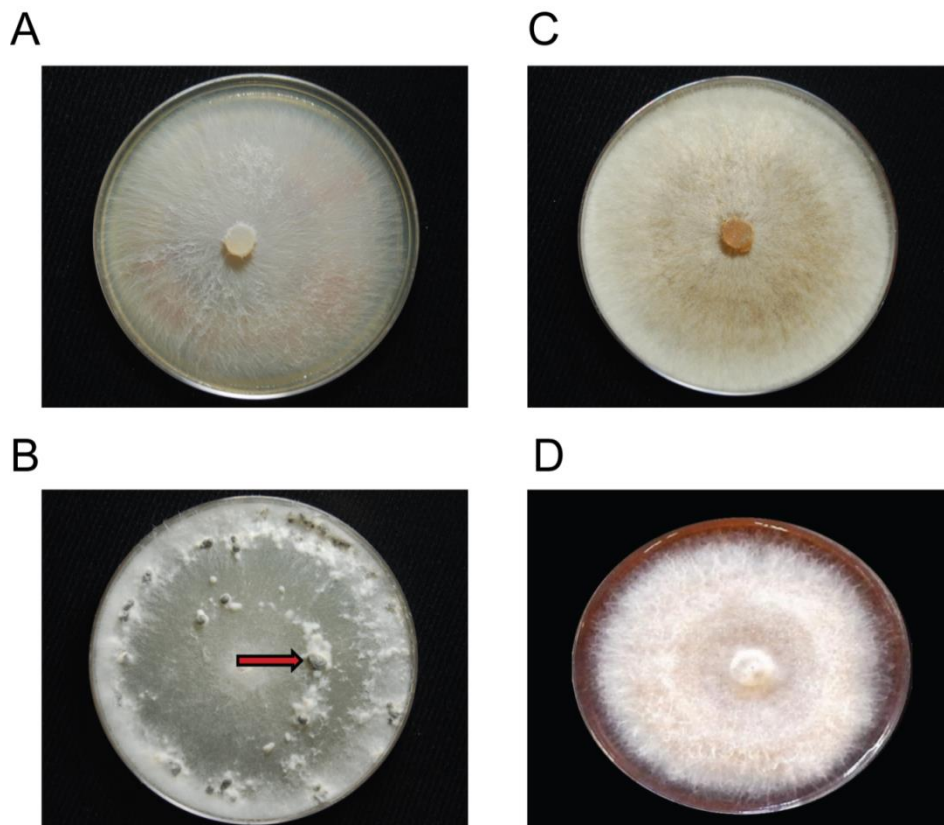
Assim, a alimentação dos fungos do gênero *Trichoderma* ocorre por meio de suas hifas que secretam enzimas hidrolíticas que possibilitam a quebra da parede celular do hospedeiro (Monte et al., 2019). O amplo número de genes que codificam enzimas, tais como β -1-3-glicanases, N-acetil-glicosaminidase (NAGase), quitanase, proteases e fosfatase ácida; são traços que identificam o micoparasitismo como um caráter ancestral do gênero (Kubicek et al., 2011; Lopes et al., 2012). Assim, o arsenal enzimável do gênero *Trichoderma* pode degradar vários compostos em células superficiais de diferentes hospedeiros, permitindo que esses fungos parasitem outros fungos.

Outro mecanismo utilizado por fungos do gênero *Trichoderma* seria a competição por espaço e nutrientes. A competição é um processo referente à interação entre dois ou mais organismos empenhados no mesmo recurso como nutrientes, água, luz, espaço, fatores de crescimento, oxigênio, entre outros (Machado, Parzianello, Silva, et al., 2012). Assim, os fungos do gênero *Trichoderma* são conhecidos por serem exímios competidores, impossibilitando o acesso de espaço e nutrientes, resultando na inibição do crescimento das populações fitopatogênicas. Além disso, tem efeito no crescimento e na produtividade da planta.

3 PRINCIPAIS FITOPATÓGENOS COMBATIDOS PELO ACB *TRICHODERMA*

A utilização de ACBs, como fungos do gênero *Trichoderma* contra fitopatógenos, permite que o controle da população dos causadores de pragas perdure por todo o ciclo vital da planta (Moraes, 1992). Assim, os isolados de *Trichoderma* têm sido utilizados para o controle de fitopatógenos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sclerotinia sclerotiorum*, entre outros (Figura 3), impactando a produtividade de diferentes culturas agrícolas.

Figura 3. Fitopatógenos de destaque no cenário agrícola do Centro-Oeste e do Tocantins combatidos por fungos do gênero *Trichoderma*. A) *Fusarium oxysporum*. B) *Sclerotinia sclerotiorum*. C) *Rhizoctonia solani*. D) *Colletotrichum gloeosporioides*. A seta em vermelho indica a estrutura de resistência (escleródio) produzida por *S. sclerotiorum*.



Fonte: Lopes, 2021.

O gênero *Rhizoctonia* foi descrito por De Candolle em 1815, tendo a espécie *R. solani* como uma das mais importantes do gênero, sendo descrita por Kühn em 1858 (Ogoshi, 1996). A espécie *R. solani* ocorre mundialmente em diversas culturas de importância econômica como por exemplo; batata, feijão, fumo, milho e soja. Além disso, os sintomas do ataque

desse fitopatógeno têm como característica o atraso no desenvolvimento da planta, gerando deformação e descoloração, produzindo toxinas que inibem o crescimento, sendo que a cada novo plantio surgem novas estruturas de resistência e uma maior propagação do fungo no solo (Dias et al., 2013). Os isolados de *R. solani* podem realizar a fusão das hifas, plasmogamia, e tem sido utilizada como critério de identificação morfológica. (David et al., 2018).

O gênero *Fusarium* é um grupo de fungos filamentosos amplamente distribuídos no solo e nas plantas. Devido à sua alta capacidade de crescer a 37° C, são considerados oportunistas. Podem causar infecções sistêmicas em pacientes imunocomprometidos, com alta mortalidade. Algumas de suas espécies produzem toxinas que afetam o homem e os animais. Sendo que das mais de 100 espécies de *Fusarium* descritas, apenas 12 delas podem ser consideradas patogênicas para humanos, entre elas *F. solani*, *F. oxysporum* e *F. verticilloides*, em ordem decrescente de frequência (Tapia e Amaro, 2014).

A espécie *Fusarium solani* é capaz de infectar diversas culturas (ex. soja, milho, feijão e trigo) e em diferentes estágios de desenvolvimento, sendo que a complexidade do solo e a variabilidade genética existentes no *F. solani* tornam as doenças causadas por ele de difícil controle, permanecendo presentes no solo por várias estações (Milanesi, Blume, Antonioli, et al., 2013). Entre os sintomas que essa espécie pode causar em plantas se pode citar o amarelecimento das folhas, descoloração do sistema vascular e murcha da planta (Rocha et al., 2016). De acordo com Desjardins (2006), esse fungo utiliza-se de estratégias como produção de uma vasta variedade de metabólitos secundários tóxicos e bioativos para colonização do hospedeiro.

A espécie *Fusarium oxysporum* está bem representado na microflora da rizosfera. Embora todas as cepas existam saprofiticamente, algumas são bem conhecidas por induzir a murcha ou podridão de raízes nas plantas, enquanto outras são consideradas não patogênicas. Essa espécie é capaz de competir por nutrientes no solo, afetando a taxa de germinação do patógeno por clamidósporos, além de também poder competir por locais de infecção na raiz, desencadeando assim, reações de defesa da planta e induzindo resistência sistêmica da mesma (Fravel et al., 2003).

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* é o causador da doença conhecida como antracnose, com ocorrência em regiões tropicais e subtropicais do mundo. Esse fungo afeta culturas economicamente importantes como cereais, leguminosas, hortaliças, frutíferas e espécies ornamentais (Carneiro et al., 2012). O ataque do fungo *C. gloeosporioides* em plantas é caracterizada por lesões e manchas escuras e arredondadas, grandes e profundas

necroses. Relatos comprovam que esse patógeno tem se tornado cada vez mais resistente ao controle por agroquímicos, além de não ter um método totalmente eficaz de controle, o que dificulta o desenvolvimento de vagens de soja, impactando na produção das lavouras (Ribeiro et al., 2016)

O fungo *S. sclerotiorum*, causador da doença conhecida popularmente como mofo-branco, acomete diversas culturas em todo o mundo, sendo a soja como uma bastante afetada pelo mesmo. A conduta patológica do fungo *S. sclerotiorum* pode levar a incidência de perda de até 70% na produtividade das culturas de soja (Meyer et al., 2016, 2017, 2018). Pode-se associar o alto grau de patogenicidade da espécie *S. sclerotiorum* por ter a capacidade de formar escleródios que atuam como mecanismo de resistência e sobrevivência, podendo continuar viáveis por até 10 anos, ou quando o ambiente se torna favorável, os escleródios (Figura 2B) germinam dando origem a novas colônias da espécie e contaminando as plantas ao seu redor (Henson et al., 1999; Leite, 2005) (Bolton et al., 2006). No Estado de Goiás, o mofo branco, doença causada por *S. sclerotiorum*, foi responsável por um prejuízo de até 20% no rendimento dos grãos de soja de algumas lavouras (Pomella e da Silva Ribeiro, 2009).

4 USO DO *TRICHODERMA* NA AGRICULTURA

O potencial das espécies de *Trichoderma* como agentes de controle biológico de doenças de plantas foi descoberto na década de 30 (Weindling, 1932), e nos anos seguintes, foi verificado o controle de muitas doenças. Essas descobertas levaram ao surgimento de vários produtos comerciais feitos de diferentes espécies em quase todos os continentes (Howell, 2003a).

No Brasil, os produtos à base de *Trichoderma* são registrados para o controle de doenças em plantas (Bettioli, Silva, et al., 2019), onde, grande parcela dos formulados tem como ingrediente ativo os conídios das espécies *T. harzianum* e *T. asperelloides*. Grande parte desses produtos são recomendados para a maioria das culturas acometidas por fitopatógenos como patógenos radiculares como nematóide de raiz *Meloidogine javanica* (Sharon et al., 2001), e os fungos de raiz *Pythium* spp. (Naseby et al., 2000; Thrane et al., 2000), *Rhizoctonia* spp. (Cúndom et al., 2003), *Phytophthora* spp. (Etebarian et al., 2000; Ezziyyani et al., 2007) etc., e patógenos da parte aérea como *Venturia* spp., *Botrytis* spp. (Hjeljord et al., 2001; Lisboa et al., 2007), *Crinipellis perniciosa*, agente causal da vassoura-de-bruxa do cacau (Sanogo et al., 2002). Assim, espécies do gênero *Trichoderma* são relevantes por suas características favoráveis à sobrevivência no ambiente, como natureza saprófita e rápida colonização de substratos com exigências nutricionais mínimas, e estruturas de resistência para sobreviver às adversidades ambientais.

Além dessa capacidade antagônica, esses BCAs promovem a indução de resistência e o crescimento de plantas (Machado, Parzianello, da Silva, et al., 2012), este último, através da produção de auxina e substâncias relacionadas à auxina, que levam ao desenvolvimento de raízes e brotos (Abdelmoaty et al., 2022). Grande parte das espécies de *Trichoderma* pode formar interações mutualísticas com as plantas, auxiliando no seu desenvolvimento (Abreu, 2019), estimulando a produção de diversos hormônios para diferentes finalidades, promovendo o crescimento, aumentando a disponibilidade e absorção de nutrientes e induzindo aumento da superfície radicular e resistência a estresses abióticos (Lucon, 2009). Sua colonização implica ser capaz de reconhecer e aderir às raízes, penetrar nas plantas e resistir aos metabólitos tóxicos produzidos em resposta à invasão de organismos estranhos, causando ou não doenças (Franken et al., 2002a).

Devido à sua capacidade de colonizar raízes, *Trichoderma* pode interferir no crescimento das plantas e aumentar a produtividade (Harman et al., 2004b). Esse processo de adesão à superfície radicular pode ser regulado por pequenas proteínas hidrofóbicas da

superfície externa da parede celular (hidrofobinas) e por proteínas do tipo expansina capazes de reconhecer a celulose e alterar a estrutura das raízes das plantas, tornando-as mais profundas e vigorosas, proporcionando crescimento da parte aérea e resistência a fatores bióticos e abióticos. Pode aumentar o crescimento das plantas em até 300% (Brotman et al., 2010). Devido à sua capacidade de colonizar raízes, o *Trichoderma* é um bioestimulador de crescimento e massa radicular, melhorando a absorção de nutrientes e água (Harman, 2000a; Harman et al., 2004c).

Assim, o *Trichoderma* tem potencial para promover o crescimento das plantas e a tolerância do organismo vegetal ao parasitismo de fitopatógenos, podendo representar uma solução sustentável promissora para melhorar a produção agrícola.

5 PESQUISAS SOBRE *TRICHODERMA* NO CENTRO-OESTE E NO TOCANTINS

Nos últimos cinco anos, linhas de pesquisas voltadas para o uso do *Trichoderma* como ACB têm sido amplamente estudadas por diferentes instituições de pesquisa, como Universidade Federal do Tocantins (UFT), Universidade Federal de Goiás (UFG), Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA), entre outros. No Estado de Goiás, Dr. Cirano José Ulhoa possui a linha de pesquisa que consiste na análise das enzimas hidrolíticas (observação molecular e bioquímica) produzidas por *Trichoderma* spp., ao desempenharem ações de controle biológico e micoparasitismo. No Distrito Federal, a Dr.^a Sueli Corrêa Marques de Mello, busca demonstrar os benefícios do uso do *Trichoderma* como ACB em diferentes tipos de plantações do Distrito Federal, investigando sua eficácia como antagonista de diversos fitopatógenos, conciliando a essas ações a caracterização e identificação das espécies de *Trichoderma* coletadas, além de estudos que verificam o seu desempenho como agente promotor de crescimento de plantas.

No Estado de Tocantins, o Dr. Aloísio Freitas Chagas Júnior e o Dr. Gil Rodrigues dos Santos procuram aprofundar seus conhecimentos sobre os efeitos da inoculação de isolados de *Trichoderma* promotores de crescimento de plantas, coletados em solos tocantinenses, em distintas culturas de plantas leguminosas ou não-leguminosas, com o intuito de averiguar a eficácia desses isolados como agentes de biocontrole de fitopatógenos. Em consonância com esses estudos, no Distrito Federal, a Dr.^a Eliane Ferreira Noronha possui publicações que demonstram as vantagens do uso do *Trichoderma* como indutores de crescimento para as plantas.

Apesar dos esforços dos pesquisadores acima, ainda existem lacunas relacionadas a compreensão genética e fisiológica do gênero *Trichoderma*, sendo que novos estudos podem revelar o porquê de certas respostas funcionais ainda não compreendidas, possibilitando o uso mais abrangente e eficaz desse ACB. Outra grande deficiência percebida no levantamento dos produtos gerados pelos pesquisadores citados é o pequeno número de isolados de *Trichoderma* para uso comercial. Segundo Bettiol et al. (2019), existem, aproximadamente, 246 produtos à base de *Trichoderma* no Brasil utilizados como ACBs e promotores de crescimento, visto que apenas 21 desses produtos são produzidos no Brasil. Assim, ainda existe um grande campo a ser explorado, visto que organismos isolados em nosso hábitat tende a ter maiores sucessos na aplicação em campo.

6 PERSPECTIVAS

A necessidade do isolamento de cepas de *Trichoderma* nativas da região centro-oeste e Tocantins está intimamente ligada ao sucesso de adaptação ao ambiente específico. Pesquisas sobre o potencial antagônico do gênero *Trichoderma*, além da procura de novos organismos desse gênero, podem contribuir com o cenário socioeconômico do Centro-Oeste e do Tocantins, visto que a agricultura é uma das principais fontes econômicas do Estado. Por exemplo, os agricultores, em geral, tomavam duas medidas com o intuito de aumentar a quantidade de soja produzida, eliminando os fatores que limitam o aumento da produção (ex. nutrição do solo, água e, principalmente, pragas) ou, quando não atingido o resultado esperado, realizando o aumento da área de plantio (expandindo e, conseqüentemente, desmatando áreas nativas de Cerrado). Nesse novo cenário, a utilização do ACB *Trichoderma*, juntamente com inúmeras pesquisas e diversos trabalhos (artigos, TCC, dissertações e teses), contribuem no aumento da produtividade das diversas culturas, minimizando o impacto causado pela atividade agrícola.

A necessidade de cultivos de maior qualidade e baixa nocividade, tanto a saúde humana como ao meio ambiente, são fundamentais. Portanto, a aplicação de ACBs, especificamente fungos do gênero *Trichoderma*, contribui diretamente para a construção de um cenário mais sustentável, resultando em um menor emprego de agroquímicos e de uma utilização mais racional dos recursos naturais, além de serem antagonistas dos principais fitopatógenos de grande impacto agroeconômico e incremento na produtividade das culturas, há um grande mercado para esse ser comercializado.

7 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE ISOLADOS DO FUNGO *Trichoderma* spp. COMO AGENTES DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* MART.)

Pertencente à família Arecaceae, o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira frutífera, nativa da região Amazônia, considerado como a espécie mais importante do gênero *Euterpe*, com distribuição nos Estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Amapá e Mato Grosso (Oliveira et al., 2002). Em 2021, sua produção nacional foi de 1,5 milhões de toneladas (Freitas et al., 2021), com destaque para o Estado do Pará, considerado como o maior produtor do país, com produtividade de 1.471.943 milhões de toneladas (Freitas et al., 2021). Ao nível de Estado, o Tocantins tem apresentado crescimento satisfatório em sua produção, o qual, resultados da Produção Agrícola Municipal (PAM) de 2019 mostrou um crescimento significativo com produtividade de 839 t, resultando em um aumento de 739% comparado ao ano anterior (IBGE, 2019).

Dentre as palmeiras presentes na região Amazônica, a *E. oleracea* possui grande importância socioeconômica por apresentar multiplicidade de uso e altos níveis de exploração, principalmente na região Norte. Com isso, a demanda por sementes e mudas dessa palmeira aumentaram e a área cultivada se expandiu. Desse modo, a exploração extrativista tende a ser parcialmente substituída pela prospecção nos campos tecnicamente instalados a partir da disponibilidade de material propagativo (Oliveira, 2000).

No processo de propagação do açazeiro, a forma mais comum é via sementes (Oliveira et al., 2002), sendo que o seu processo germinativo leva em média 25 dias após a semeadura (DAS), estabilizando aos 50 DAS. No entanto, esse processo é considerado relativamente lento e desuniforme (Nascimento, 2008), levando a não padronização das plantas, conseqüentemente, tendo maior tempo de permanência no viveiro e, perda na qualidade do produto final, além de expor as sementes e as plântulas ao ataque de patógenos, especialmente fungos, desencadeando uma menor resistência as condições adversas do ambiente (Magalhaes e Durães, 2006). Assim, problemas na germinação de sementes e no cultivo de mudas do açaí impõe dificuldade na produção comercial em larga escala, o que leva a procura de novas estratégias para solucionar tais problemas, como o uso de microrganismos.

Fungos do gênero *Trichoderma* estão amplamente distribuídos no globo terrestre, possuindo características fenotípicas de fácil reconhecimento como conídios verdes, micélios brancos e crescimento colonial rápido (Abreu, 2019). Pertencente ao Reino Fungi, Filo

Ascomycota, Subfilo Pezizomycotina, Classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales, “Família” Hypocreales mitospóricos (ou Família Hypocreacea) (*Erro! A referência de hiperlink não é válida.*), o *Trichoderma* spp. pode ser encontrado em abundância na região da rizosfera porque suas preferências nutricionais e sua colonização envolvem reconhecimento, aderência e penetração às raízes das plantas e resistência aos metabólitos tóxicos que as mesmas produzem em resposta a organismos invasores, independentemente de causar doenças (Franken et al., 2002b).

Espécies de *Trichoderma* possuem, ainda, uma alta capacidade de adaptação às condições ecológicas, mecanismos de ação como micoparasitismo, produção de metabólitos voláteis e não voláteis (Bononi et al., 2020; Silva et al., 2019), e capacidade em promover o crescimento vegetal devido a uma variedade de fatores, como a produção de vitaminas, conversão de materiais em formas úteis às plantas, absorção e transporte de minerais e controle de patógenos (Melo, 1996). Os fungos desse gênero ainda podem atuar positivamente na germinação de sementes, desenvolvimento e produtividade de culturas devido à solubilização do fósforo (de Oliveira et al., 2012a; Da Silva et al., 2012) e síntese de ácido indol acético (de Oliveira et al., 2012b; Chagas et al., 2016).

A capacidade do *Trichoderma* spp. em estabelecer interações mutualísticas com os vegetais resulta na modificação das raízes das plantas, agindo diretamente no número de raízes e pelos absorventes e na ampliação da superfície de contato (da Silva et al., 2019; Abreu, 2019b). Tal interação induz a produção de fitohormônios como auxinas e metabólitos como 6-pentil- α -pirona (6PP) que favorecem o desenvolvimento das raízes (Vinale et al., 2008; Contreras-Cornejo et al., 2009), tornando-as mais profundas e vigorosas, proporcionando maior tolerância a seca (Harman, 2000a), contribuindo com o aumento da massa radicular e absorvendo melhor os nutrientes e água, influenciando diretamente na resistência em situações de estresse (Harman, 2000b; Harman et al., 2004b). Esse processo de adesão à superfície radicular pode ser regulado por pequenas proteínas hidrofóbicas da superfície externa da parede celular (hidrofobinas) e por proteínas do tipo expansina capazes de reconhecer a celulose e alterar a estrutura das raízes das plantas, tornando-as mais profundas e vigorosas, proporcionando crescimento da parte aérea e resistência a fatores bióticos e abióticos.

Sendo assim, há trabalhos que reportam resultados positivos quanto a indução no crescimento de plantas com o uso de diversas cepas de *Trichoderma* como o isolado T-22 de *T. harzianum* que induziu o crescimento em plantas, através da habilidade em solubilizar

muitos nutrientes importantes para a mesma (Altomare et al., 1999a; Brotman et al., 2010), e na indução da formação de raízes em tomateiro, no incremento do comprimento de raízes de soja e milho e o aumento da produtividade de pimentão (Harman, 2000b).

Além do potencial do *Trichoderma* spp. em promover o crescimento e a produtividade das plantas, estudos constataram que sua aplicação no tratamento de sementes acelera o processo de germinação e aumenta a altura da planta (Chang et al., 1986; Chagas Jr et al., 2022), sendo ainda uma opção para o controle de patógenos habitantes de solo como *Fusarium* (Ethur et al., 2008, 2012; Li et al., 2018), *Colletotrichum*, *Phytophthora* e *Rhizoctonia* (Pomella e Ribeiro, 2009). O processo de tratamento das sementes se dá através do contato direto dos micélios de *Trichoderma* spp. nas sementes, cobrindo-as e protegendo-as dos fungos causadores do apodrecimento dos grãos e dos fungos causadores de doenças foliares transmitidas pelas sementes. Este contato direto indica que o metabólito *Trichoderma* spp. não atua apenas como um promotor de crescimento, mas também atua como moléculas sinalizadoras (Benítez et al., 2004a; Vinale et al., 2012).

Os efeitos positivos proporcionados por espécies do gênero *Trichoderma* têm despertado o interesse de empresas especializadas em produtos biológicos, muitas das quais formulam produtos à base desses agentes, os quais são utilizados em diversas culturas. Assim, mesmo que o Brasil seja considerado um país com rica biodiversidade (Mittermeier et al., 2005), considerando as diferentes espécies que existem em seu espaço geográfico, incluindo o bioma Cerrado, ainda há lacunas relacionadas ao conhecimento dessa biodiversidade nativas, assim como suas aplicações. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de isolados de *Trichoderma* spp. na indução do crescimento de mudas de açaizeiro.

8 OBJETIVOS

8.1 Geral

Avaliar a eficiência da inoculação de isolados de *Trichoderma* spp. como promotores no crescimento vegetal em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) cultivar BRS Pai d'Égua.

8.2 Específicos

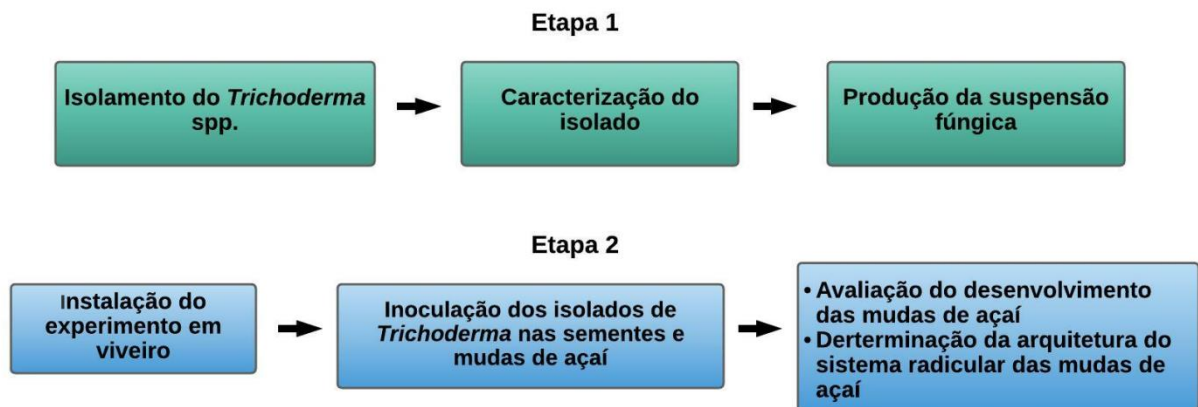
- Realizar o isolamento de espécies nativas de *Trichoderma* em área de cultivo de açaí na região do Cerrado tocantinense;
- Caracterizar morfológicamente os isolados de *Trichoderma* nativos da área de cultivo de açaí;
- Avaliar a eficiência da inoculação de *Trichoderma* spp. como promotores de crescimento vegetal em mudas de açaí através das seguintes variáveis: altura de planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR) massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) e determinação da arquitetura do sistema radicular.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Desenho experimental

O trabalho de pesquisa está estruturado em duas etapas para alcançar os objetivos que foram traçados. A Figura 4 apresenta cada etapa de forma sintetizada, seguida dos principais pontos metodológicos.

Figura 4. Diagrama esquemático resumindo as etapas do desenvolvimento do trabalho de pesquisa em que se buscou avaliar o potencial dos isolados de *Trichoderma* como promotores no crescimento em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*). O produto final de cada etapa está presente no último quadrante de cada processo.



Fonte: Nascimento, 2022.

9.2 Área de estudo e Isolamento do *Trichoderma* spp.

Amostras dos materiais procedentes da área de cultivo de açaí na Fazenda Natyrë Agrícola (10°47'31,6"S – 49°47'00,3"W), localizada à 20 km da cidade de Lagoa da Confusão – TO, foram utilizadas para o isolamento do *Trichoderma* spp.. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos zipados, sendo dispostos em caixa térmica sob temperatura de 4 °C para manter a viabilidade das amostras, e levados ao laboratório de Microbiologia - UFT, *Campus* Porto Nacional – TO, para a realização do isolamento dos organismos.

As amostras foram coletadas nos primeiros 3 – 5 cm do solo com auxílio de uma pá nos seguintes pontos: solo, rizosfera e raiz, onde, todas as amostras foram constituídas de 6 sub-amostras para cada ponto de coleta, em seguida, homogeneizadas. A técnica adotada foi a diluição seriada proposta por Clark (1965). Para isso, 10 g de solo foram transferidos para um Becker com capacidade de 200 mL contendo 60 mL de água destilada e submetida ao agitador

magnético a 170 rpm, durante 5 minutos. As diluições seriadas foram feitas de maneira asséptica em capela de fluxo laminar, fazendo a retirada de 0,1 mL da amostra original para 0,9 mL de água autoclavada, agitando-as a cada transferência. Após as diluições, 0,1 mL das suspensões 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram distribuídas e com auxílio de uma alça de Drigalsky de vidro as amostras foram espalhadas nas placas de Petri contendo meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) com adição de 0,1% de Triton X100 e Ceftriaxona a 200 ppm. As placas foram acondicionadas em estufa microbiológica a 28 °C durante cinco dias. As colônias com características fenotípicas do gênero *Trichoderma* foram repicadas de forma isolada em novas placas com meio BDA, em seguida vedadas e mantidas a 28°C em uma estufa microbiológica até a formação de novas colônias com apenas uma única colônia por placa.

9.3 Confirmação do gênero e seleção dos isolados de *Trichoderma*

A identificação ao nível de gênero foi realizada através da confecção de lâminas de vidro para microscopia. Para isso, foi adicionado 10 µL do corante azul de algodão e com o auxílio de uma alça bacteriológica estéril, pequenas porções de micélio dos isolados foram transferidas para as lâminas esterilizadas, em seguida adicionada lamínula e levadas para a visualização das estruturas específicas do gênero (como conídios, clamidósporos e fiálides), em microscópio óptico a 100x de aumento. Foram identificados seis isolados pertencentes ao gênero *Trichoderma*, em seguida nomeados como *Trichoderma* spp1, *Trichoderma* spp2, *Trichoderma* spp3, *Trichoderma* spp4, *Trichoderma* spp5 e *Trichoderma* spp6.

A seleção do isolado foi realizada a partir de testes prévios como pareamento, metabólitos voláteis e não voláteis frente aos fitopatógenos gerais do *Trichoderma* spp. Os testes mostraram que o isolado *Trichoderma* spp2 foi o que mais expressou antagonismo aos fitopatógenos (dados não mostrados), sendo selecionado para os testes visando a promoção do crescimento vegetal.

9.4 Isolados utilizados para aplicação nas mudas de açaí e manutenção dos organismos

Foram utilizados isolados de *Trichoderma asperelloides* TR-356, *Trichoderma harzianum* ALL-42, disponibilizados pelo laboratório de Enzimologia – UFG, Goiânia/GO e, *Trichoderma* spp.2 obtido através do isolamento em área de cultivo de açaí, o qual faz parte

da região do Cerrado Tocantinense. Todos os isolados foram mantidos em meio BDA a 28°C com realização de novos repiques quinzenalmente.

9.5 Condução e inoculação dos isolados de *Trichoderma* spp. nas sementes pré-germinadas e nas mudas de açaí

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) composto por 5 tratamentos com 5 repetições em condições de viveiro conforme descritos na Tabela 1. Foram utilizadas sementes pré-germinadas de açaí cultivar BRS Pai d'Égua adquiridas na Embrapa Oriental, localizada em Belém/PA. Este cultivar é proveniente de três ciclos de seleção massal e selecionada para produção de frutos em condições de terra firme.

Tabela 1. Tratamentos com os respectivos isolados inoculados em mudas de açaí para a verificação do potencial no desenvolvimento vegetal - Porto Nacional, TO, 2022.

Tratamentos	Isolados
T1	Controle (sem inoculação do antagonista)
T2	<i>Trichoderma asperelloides</i> Tr-356
T3	<i>Trichoderma harzianum</i> ALL-42
T4	<i>Trichoderma</i> spp.2
T5	<i>Trichoderma asperelloides</i> TR-356, <i>T. harzianum</i> ALL-42, <i>Trichoderma</i> spp.2

T1: Controle (sem a inoculação do antagonista); T2: *Trichoderma asperelloides* Tr-356; T3: *Trichoderma harzianum* ALL-42; T4: *Trichoderma* spp2; T5: *Trichoderma asperelloides* Tr-356, *Trichoderma harzianum* ALL-42 e *Trichoderma* spp2.

O desempenho das mudas de açaí foi avaliado em viveiro localizado na UFT - *Campus* de Porto Nacional, a partir da inoculação dos isolados de *Trichoderma* spp.. Para isso, o preparo do inoculo foi feito em laboratório, onde, cada isolados de *Trichoderma* spp. foi cultivado em placas de Petri contendo meio BDA sólido e, incubadas em estufa microbiológica durante sete dias em temperatura de 28 °C. Para cada isolado utilizado, foram necessários 200 g de arroz umedecido com 120 mL de água destilada, colocado em Erlenmeyer e autoclavados a 121 °C. Em seguida, foram transferidos assepticamente cinco discos de cada isolados para os respectivos frascos com arroz autoclavado e incubados

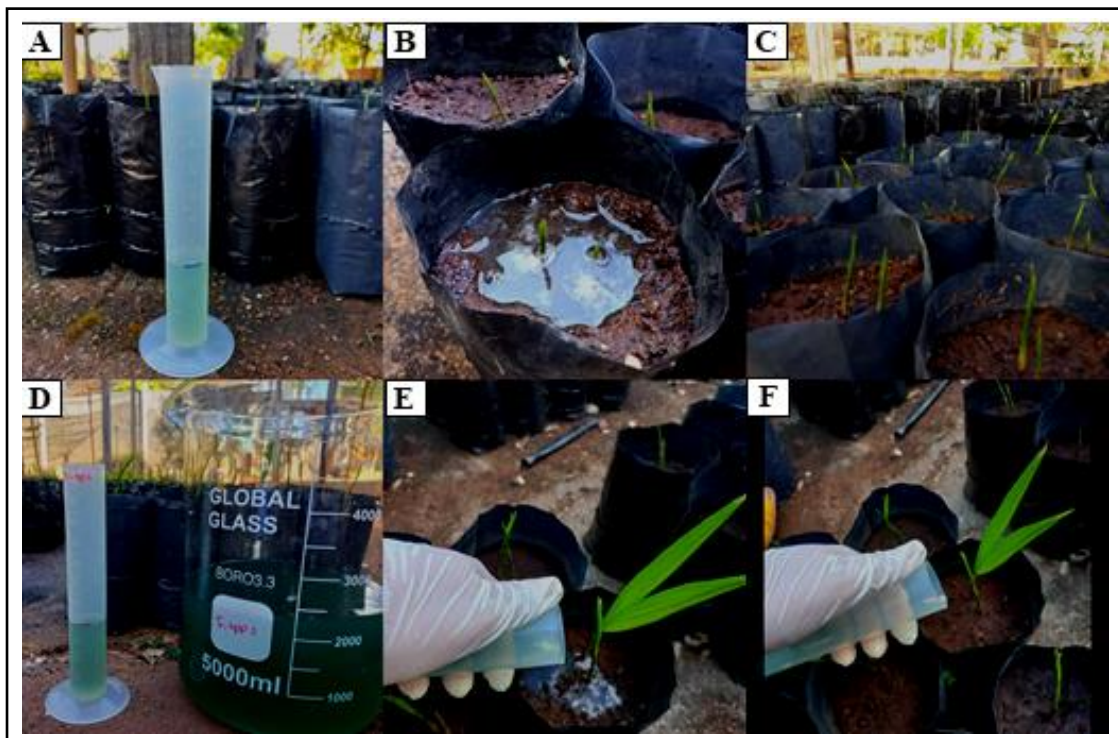
durante sete dias (Rêgo et al., 2014). Após esse período, foi adicionado ao arroz 500 mL de água autoclavada e contagem posterior dos conídios em câmara de Neubauer em microscópio óptico ajustada para concentração de $1,0 \times 10^9$ conídios/mL (Embrapa, 2012).

Para a inoculação, as sementes pré-germinadas de açaí foram padronizadas de acordo com o tamanho, lavadas em água autoclavada, secas em papel toalha e em seguida submetidas com cada suspensão fúngica durante 24 horas a 25°C. O tratamento controle foi constituído pela imersão das sementes apenas em água autoclavada durante o mesmo período. Após inoculação, as sementes foram semeadas em sacos plásticos (17x22 cm) preenchidos com substratos compostos por 75% terra preta, 15% de esterco bovino e 10% de húmus estando dispostos em viveiro, com sombreamento de 50%.

Para a semeadura foi realizada no mês de março de 2022, sendo utilizadas duas sementes por saquinhos sendo depositadas a um cm de profundidade com objetivo de proporcionar maior facilidade e uniformidade no desenvolvimento. O desbaste foi realizado aos 75 dias após a semeadura (DAS), sendo deixada apenas uma plântula por saco.

Foram realizadas duas aplicações das respectivas suspensões fúngicas na dose de 40 mL, sendo a primeira com 30 dias após a semeadura (DAS) e a segunda com 65 DAS (Figura 4). A irrigação foi realizada com auxílio de regador, uma vez ao dia (pela manhã ou final da tarde) para condicionar a umidade dos substratos até a capacidade de campo.

Figura 5. Aplicações das suspensões fúngicas nas mudas de açaí para a verificação do potencial no desenvolvimento vegetal, Porto Nacional, TO, 2022. A primeira aplicação das suspensões foi realizada com 30 dias após a semeadura: (A) Medição da suspensão em proveta. (B) Aplicação da suspensão nas mudas de açaí. (C) Pós-aplicação da suspensão nas mudas de açaí. A segunda aplicação das suspensões foi realizada com 65 após a semeadura: (D) Medição da suspensão em proveta. (E) Aplicação da suspensão nas mudas de açaí. (F) Pós-aplicação da suspensão nas mudas de açaí.



Fonte: Nascimento, 2022.

9.6 Avaliação do desenvolvimento das mudas de açaí

Ao atingir 120 dias após a semeadura, foram selecionadas oito mudas por parcela para às análises físicas para verificar o efeito da inoculação dos isolados de *Trichoderma* spp., com as seguintes variáveis analisadas:

- a) Altura de planta (AP) (cm): Primeiramente, foi feito o destorroamento das raízes das mudas selecionadas, seguido da lavagem em água corrente, secagem em papel toalha para dar início às análises. A altura da planta foi obtida com o auxílio de uma régua milimétrica, medindo-se a partir do nível do substrato até a ponta da folha maior.

- b) Diâmetro do caule (DC) (cm): Obtido com auxílio de um paquímetro digital, medindo-se ao nível do substrato de cada planta selecionada.
- c) Comprimento da raiz (CR): Obtido com o auxílio de uma régua milimétrica, medindo-se do colo da planta até a ponta da raiz maior.
- d) Massa fresca da raiz (MFR) (g) e Massa fresca da parte aérea (MFPA) (g): Para a obtenção da MFR, as mudas foram seccionadas, dividindo-as em parte aérea e raiz, e pesadas, separadamente, em uma balança analítica de precisão.
- e) Massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR): Logo após a pesagem da massa fresca da parte aérea e raiz, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar, com temperatura 60 °C por 72 h para retirada da umidade e depois foram pesadas para obtenção da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2000).

9.7 Determinação da arquitetura do sistema radicular de mudas de açaí

A arquitetura do sistema radicular das mudas foi avaliada através do software SAFIRA, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Para isso, as raízes foram submersas em solução de hipoclorito de sódio 20%, transferidas para uma bandeja contendo água destilada, secas em papel toalha e dispostas para a captura da imagem com auxílio de uma câmara. As imagens foram adicionadas ao software SAFIRA para a realização da leitura. A obtenção das imagens foi dada através do método de esqueletização, obtendo as seguintes variáveis do sistema radicular: volume (V), área superficial (AS) e diâmetro ponderado (DP).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2000).

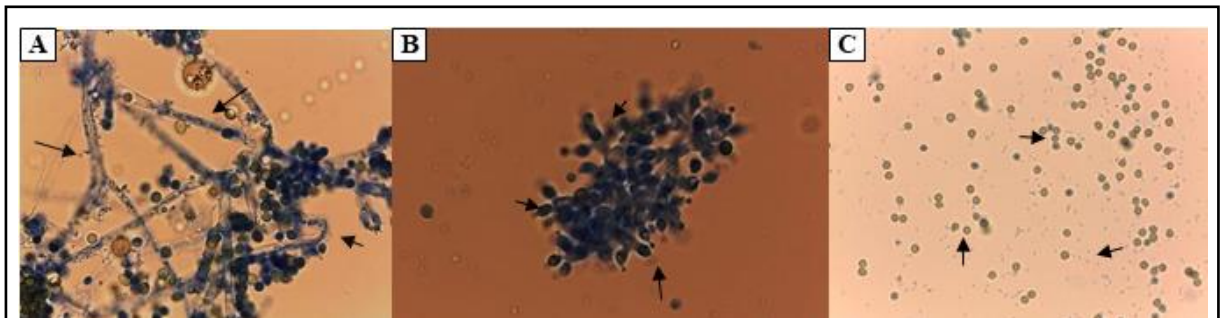
10 RESULTADOS

10.1 Área e confirmação do gênero *Trichoderma*

A área de coleta das amostras apresentava um bom teor de matéria orgânica, já que sua camada mais superficial estava protegida por palhada de palmeira de açai, aumentando assim, o teor de matéria orgânica, mantendo a umidade do solo, possibilitando a reciclagem de nutrientes, promovendo a supressão de plantas daninhas e conservando/aumentando a biodiversidade da área. A probabilidade em isolar exemplares de *Trichoderma* nas amostras coletadas foi significativa, uma vez que, solos com restos vegetais e ricos de matéria orgânica são ambientes com abundância do gênero (Howell, 2003b).

A confirmação do isolado ao nível de gênero foi obtida através da confecção de lâminas de vidro para microscopia. Foi possível a visualização das estruturas como conídios, clamidósporos e fiálide, características estas específicas do gênero *Trichoderma*, confirmando assim, o gênero do isolado e nomeado como *Trichoderma* spp.2 (Figura 6).

Figura 6. Estruturas fúngicas características do gênero *Trichoderma* spp2. observadas em microscópio óptico a 100x de aumento. As seguintes estruturas estão indicadas por setas: (A) Hifas (B) Clamidósporos (C) Conídios.

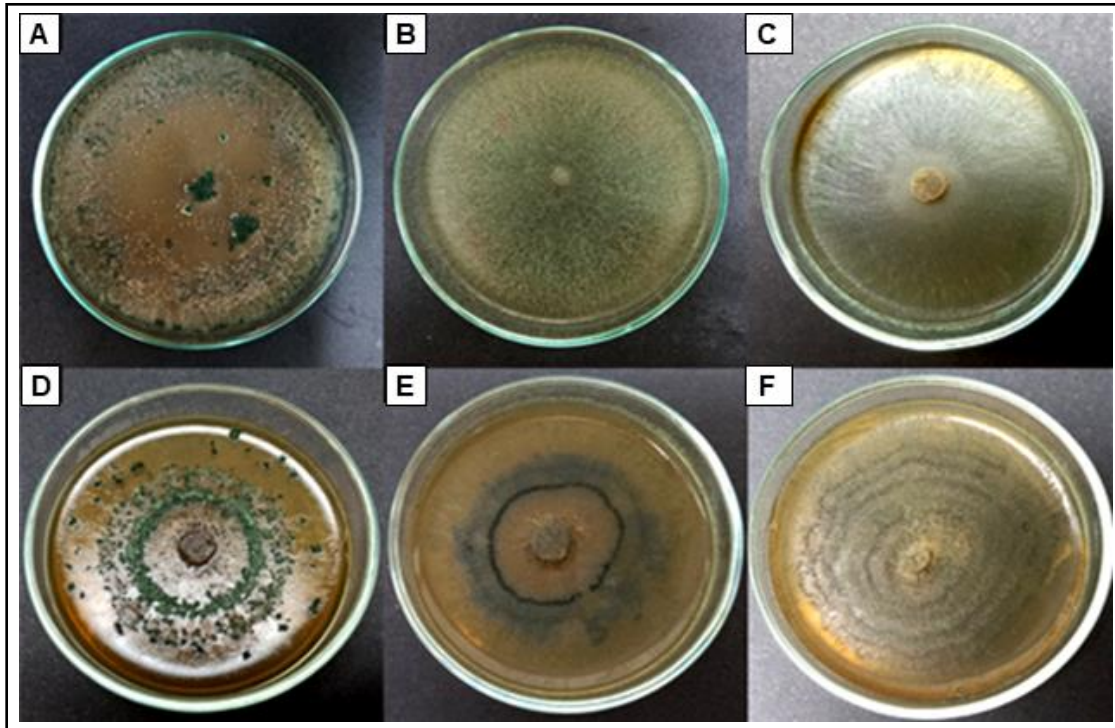


Fonte: Nascimento, 2023.

Houve variedade morfológica do gênero em todos os pontos de coletas (solo, rizosfera e raiz). As colônias tinham como características a estruturação de anéis formados por zonas convergentes, formação de micélio com aspecto algodinoso e crescimento rápido, sendo que nos primeiros dias de cultivo, as colônias apresentaram cor branca, seguidamente, por tonalidades de verdes (Figura 7).

Figura 7. Apresentação macroscópica da variedade morfológica de isolados de *Trichoderma* provenientes das amostras de solo, rizosfera e raízes cultivados em meio de cultura BDA. (A)

e (D) *Trichoderma* spp2 e *Trichoderma* spp4 isolados de amostras do solo. (B) e (E) *Trichoderma* spp1 e *Trichoderma* spp5 isolados de amostras da rizosfera. (C) e (F) *Trichoderma* spp3 e *Trichoderma* spp6 isolados de amostras da raiz.



Fonte: Nascimento, 2023

10.2 Desenvolvimento das mudas de açaí com e sem inoculação de *Trichoderma*

Foram avaliadas 200 mudas de açaí com 120 dias de desenvolvimento. As Tabelas 2 e 3 trazem uma síntese dos resultados das seguintes variáveis; altura da planta, comprimento da raiz, diâmetro do caule, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

A variável altura da planta não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, tendo tratamento T1 com maior média, seguida dos tratamentos T2, T3 e T4 que não diferiram entre si e o T5 com menor média. Do mesmo modo, o comprimento da raiz não diferiu de forma significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). Foi observada diferença significativa para o variável diâmetro do caule (Tabela 2), tendo o tratamento T5 com melhor desempenho com média (3,53 mm, $p < 0,05$) e o tratamento T4 com menor média (3,11 mm, $p < 0,05$).

Tabela 2. Análise de variância da altura de Planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) com e sem e inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.

TRATAMENTOS	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)
T1: Controle	28,25 a	11,28 a	3,30 b
T2: Tr_356	26,10 a b	9,55 a	3,19 b
T3: ALLI_42	25,87 a b	11,15 a	3,20 b
T4: Tr_spp2	25,07 a b	11,46 a	3,11 b
T5: Mistura	24,07 b	8,54 a	3,53 a
CV %	8,23	22,23	4,47

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1: Controle (sem inoculação do antagonista); T2: *Trichoderma asperelloides* TR-356; T3: *Trichoderma harzianum* ALL-42; T4: *Trichoderma* spp.2; T5: Mistura (*T. asperelloides* TR-356, *T. harzianum* ALL-42, *Trichoderma* spp.2). CV (%): Coeficiente de variação.

Na obtenção da massa fresca da parte aérea (Tabela 3), o tratamento T1 diferiu estatisticamente, obtendo maior média (5,22 g, $p < 0,05$) em relação aos demais isolados, tendo os tratamentos T2, T3 e T5 não diferindo entre si e o T4 com menor desempenho com média de 3,97 g ($p < 0,05$). As variáveis respostas, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, foram semelhantes estatisticamente, não diferindo entre os tratamentos.

Tabela 3. Análise de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) sem e com inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.

TRATAMENTOS	MFPA(g)	MFR	MSPA	MSR
T1: Controle	5,22 a	5,22 a	2,21 a	1,81 a
T2: Tr_356	4,37 a b	4,37 a	2,20 a	1,67 a
T3: ALL_42	4,69 a b	4,69 a	2,01 a	1,65 a
T4: Tr_spp2	3,97 b	3,10 a	1,89 a	1,63 a
T5: Mistura	4,70 a b	3,24 a	1,84 a	1,52 a
CV %	12,82	11,28	13,29	11,97

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1: Controle (sem a inoculação do antagonista); T2: *Trichoderma asperelloides* TR-356; T3: *Trichoderma harzianum* ALL-42; T4: *Trichoderma* spp.2; T5: Mistura (*T. asperelloides* TR-356, *T. harzianum* ALL-42, *Trichoderma* spp.2). CV (%): Coeficiente de variação.

10.3 Determinação da arquitetura do sistema radicular das mudas de açaí

O teste estatístico mostrou que para esta condição, todos os tratamentos não obtiveram diferença significativa para as variáveis volume, área superficial e diâmetro ponderado das raízes de açaí (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância de volume (mm³), área superficial (mm²) e diâmetro ponderado (mm) das raízes das mudas de açaí (*Euterpe oleracea*) com e sem inoculação com *Trichoderma* spp. em casa de vegetação, UFT – Porto Nacional, Tocantins, 2022.

TRATAMENTOS	VOLUME (mm ³)	ÁREA SUPERFICIAL (mm ²)	DIÂMETRO PONDERADO (mm)
T1: Controle	145,76 a	139,42 a	1,75 a
T2: Tr_356	155,24 a	124,84 a	2,18 a
T3: ALL_42	136,61 a	108,73 a	1,86 a
T4: Tr_spp2	109,74 a	104,96 a	1,76 a
T5: Mistura	155,24 a	124,84 a	2,18 a
CV %	48,41	44,48	20,64

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1: Controle (sem a inoculação do antagonista); T2: *Trichoderma asperelloides* TR-356; T3: *Trichoderma harzianum* ALL-42; T4: *Trichoderma* spp.2; T5: Mistura (*T. asperelloides* TR-356, *T. harzianum* ALL-42, *Trichoderma* spp.2). CV (%): Coeficiente de variação.

11 DISCUSSÃO

Estudos recentes evidenciaram que, apesar de os microrganismos endofíticos como o *Trichoderma* tenham recebido relevância mundial, ainda existem lacunas na compreensão, como os diferentes biomas explorados (Harrison e Griffin, 2020) e aplicabilidade dos organismos nativos para a promoção do crescimento vegetal. Nesse contexto, o Cerrado é considerado um dos 25 hotspots de biodiversidade, constituindo como fonte potencial de novos recursos de microrganismos benéficos (Monteiro, 2012) como o *Trichoderma* spp.

No presente trabalho, os resultados referentes à inoculação do *Trichoderma* em mudas de açaí objetivando o incremento na altura da planta (AP) não ocorreram diferenças significativas. Congruentemente para essa mesma variável, Resende et al. (2004) em seu trabalho com plantas de milho inoculadas com *Trichoderma harzianum*, não observaram diferença significativa entre os tratamentos. Opostamente, Machado et al. (2015) relataram em seu trabalho um aumento significativo para essa mesma variável em *G. Polymorpha* bem como Pio-Gonçalves et al. (2022) em açaizeiro.

A característica altura da planta é considerada um dos padrões mais antigos na classificação e seleção de mudas, sendo apontada como uma das mais importantes para estimar o crescimento de mudas no campo (Caldeira et al., 2008; Gomes et al., 2002). Apesar de não haver incremento no desenvolvimento vegetal com os isolados utilizados neste trabalho, isso não anula o potencial do gênero para esses parâmetros, o qual, estão bem relatados na literatura em Oliveira et al. (2012a), Oliveira et al. (2012b) e Chagas et al. (2016).

Similar aos resultados supracitados, a inoculação dos isolados de *Trichoderma* para o comprimento da raiz (CR) não diferiram estatisticamente entre si. Tais resultados estão de acordo com o trabalho de Carvalho et al. (2011) na avaliação do comprimento das raízes do feijoeiro comum, onde obtiveram maior média utilizando o isolado CEN239, divergindo assim dos isolados CEN238 e CEN240 que obtiveram médias inferiores ao do controle, indicando efeito negativo dos isolados de *Trichoderma harzianum*. Melo (2020) trabalhando com a inoculação de *Trichoderma* spp. visando o desenvolvimento de açaí (*Euterpe oleracea*) observou resultados positivos para a mesma variável.

Vale ressaltar que, no momento da avaliação das mudas de açaí, algumas plantas que receberam suspensão fúngica apresentaram necrose nas raízes (Anexo D), assim como Carvalho et al. (2006) que evidenciaram a produção de substâncias tóxicas em coleóptilos de

trigo causado por *Trichoderma viride*. Apesar de tais efeitos oriundos de isolados de *Trichoderma* em plantas, ainda são considerados eventos atípicos.

Contudo, é importante enfatizar, todavia, que na grande maioria dos achados na literatura referem-se à aptidão de isolados do gênero *Trichoderma* em promover crescimento, produtividade das culturas (Vinale et al., 2008) e controle biológico (Naher et al., 2014). Da mesma forma, trabalhos realizados por Bernardes et al. (2011) mostrou eficiência no desenvolvimento das raízes do jacarandá-do-pará (*Dalbergia spruceana*) utilizando o isolado de *Trichoderma asperellum* TAM02; Harman (2000c) utilizando o isolado T-22 nas culturas milho (*Zea mays*) e soja (*Glicine max*); Sivan e Harman (1991); Kleifeld e Chet (1992); Melo (1996) e Altomare et al. (1999b) também obtiveram resultados positivos para essa mesma variável em diferentes culturas.

Houve diferença significativa para a variável diâmetro do caule (DC) apenas para o tratamento T5 (junção de todos os isolados). Diferentemente, Campos et al. (2020) trabalhando com a cultura do açaí submetidas a diferentes modos aplicações de *Trichoderma* conseguiram obter um aumento significativo para a mesma variável, assim como no trabalho de Pio et al. (2022). É importante ressaltar que o diâmetro do caule é considerado um dos indicadores de qualidade de mudas, logo, o maior diâmetro do caule pode ser demonstrativo de plantas mais vigorosas (Moreira e Moreira, 1996), possibilitando maiores índices de sobrevivência, principalmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (Taiz et al., 2017).

Da mesma forma, também houve diferença significativa para o tratamento T1 (sem a inoculação dos isolados) da variável massa fresca da parte aérea (MFPA) das mudas de açaí. Os resultados deste trabalho corroboram com os encontrados por Lynch et al. (1991) que relatou aumentos de 27% a 54% no peso fresco de alface tratada com *Trichoderma* sp. Em contraste, não houve diferença significativa para os resultados da variável massa fresca da raiz (MFR). É evidente a correlação entre os fatores, como; isolado utilizado, fatores ambientais, composição da microbiota do solo podem afetar o potencial de microrganismos na promoção de crescimento em plantas (Benítez et al., 2004b).

Do mesmo modo, não houve diferença significativa entre os tratamentos das variáveis matéria seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR) representando assim, todo carbono e minerais fixados ou absorvidos pelas plantas de açaí, demonstrando a eficiência de seus processos de fotossíntese e absorção de nutrientes minerais. Os resultados deste estudo se assemelha aos resultados de Cadore et al. (2016), não encontrando diferença significativa para

o cultivar arroz IRGA 424 R, assim como na massa seca da raiz e parte aérea (Milanesi, Blume, Antonioli, et al., 2013).

Antagônico aos resultados anteriores para as mesmas variáveis, Santos et al. (2010) relataram efeitos positivos com o uso de *Trichoderma* em seu trabalho com maracujá. Sá et al. (2019) ao trabalhar com a inoculação de *Trichoderma* spp. em feijão-caupi. Jesus et al. (2011) utilizando o *Trichoderma asperellum* também conseguiram efeitos positivos no aumento da massa em plantas de café, assim como em milho, utilizando o *T. harnianum* (Resende et al., 2004). Chagas et al. (2017) trabalhando com a cultura do arroz, obteve resultados positivos com a inoculação do isolado *Trichoderma asperellum* UFT-201. Já Ousley et al. (1993), verificaram que apenas um dos isolados de *Trichoderma harzianum* se sobressaiu dentre os demais em plantas de alface.

11.1 Determinação da arquitetura do sistema radicular das mudas de açaí

A arquitetura do sistema radicular consiste em um conjunto de características morfológica como crescimento, forma e distribuição das raízes no solo, resultando em uma forma tridimensional e configuração espacial (Lynch et al., 2014). Logo, entender o comportamento, quantidade e arranjo das raízes são fundamentais para o conhecimento fisiológico da planta, visto que o sistema radicular, além de possuir função de ancoramento ao solo, captação e armazenamento de água e nutrientes, também interage com uma vasta gama de microrganismos no solo (Robinson et al., 2003).

Conforme os resultados para verificação da efetividade dos isolados para a variável volume (V) da arquitetura do sistema radicular, todos os tratamentos foram semelhantes entre si. Tais resultados corroboram com o trabalho de Duran et al. (2022), eles não observaram alterações das raízes na cultura da oliveira quando inoculadas com isolados de *Trichoderma*. Diferentemente dos resultados obtidos por Chagas et al. (2022) ao trabalharem com a inoculação do isolado *Trichoderma asperellum* UFT-201 na cultura do milho (*Zea mays*) obtiveram resultados positivos para a mesma variável.

Outro parâmetro do sistema radicular é a área superficial das raízes, que, juntamente com o comprimento das raízes, determina a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, assim, o incremento da superfície radicular promovido por isolados de *Trichoderma* possibilita maior aquisição dos minerais (Junior et al., 2022).

Entretanto, para a variável (AS) não foi possível constatar diferença significativa entre

os tratamentos. Estes resultados vão de encontro com o trabalho de Duran et al. (2022) ao trabalharem com a inoculação do *Trichoderma vires* em pH 5,0 na cultura da oliveira (*Olea europaea*) e ao de Bortolin et al. (2019) ao trabalharem com *Paspallum regnellii*. Em contraste aos valores obtidos, Silva et al. (2020) obtiveram maiores médias ao inocular bioformulados com *Trichoderma* spp. na cultura da soja.

Da mesma forma, o diâmetro ponderado das raízes também não diferiu em resposta a inoculação dos isolados de *Trichoderma*. Estes resultados diferem dos encontrados por Abbad (2020) ao trabalhar com diferentes doses de bioprodutos à base de *Trichoderma* para incrementação do desenvolvimento inicial da Bucha (*Luffa cylindrica*).

As mudanças estruturais das raízes estão diretamente relacionadas com a capacidade de absorção dos nutrientes (Batista et al., 2013). Assim, raízes com diâmetro inferior a 2,00 mm desempenham papéis importantes no ecossistema e nas funções fisiológicas das plantas (Chimento e Amaducci, 2015), ou seja, raízes mais finas possibilitam que o sistema radicular explore o volume do solo mais efetivamente, diminuindo assim a energia necessária para a formação e manutenção do sistema radicular (Forde e Lorenzo, 2001).

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é o primeiro estudo sobre a inoculação de isolados de *Trichoderma* em mudas de açaí visando o crescimento vegetal para o Cerrado tocantinense. Deste modo, os resultados demonstraram diferença significativa para o tratamento T5 referente a variável diâmetro do caule (DC) e para o tratamento T1 referente a variável massa fresca da parte aérea (MFPA). Em condições de viveiro, o presente trabalho demonstrou que para tais circunstâncias, de maneira geral, os isolados de *Trichoderma* não obtiveram grandes ganhos para as variáveis analisadas, no entanto, isso não invalida o seu potencial.

É pertinente destacar que se verificou que para o tratamento T5 (junção de todos os isolados), na sua grande maioria, obtiveram resultados inferiores ao esperando, isto, nos respaldando em validações de diversos trabalhos que comprovaram a eficiência do *Trichoderma* como promotor no crescimento vegetal de várias culturas.

Outro ponto importante foi a verificação do desenvolvimento expressivo das mudas nos intervalos da primeira e segunda aplicação das suspensões fúngicas. A descontinuação das aplicações pode ter reduzido a ascensão da curva de velocidade do desenvolvimento das mudas, juntamente com o aspecto saudável da folhagem, onde foram observadas pontas necrosadas em uma boa parte das mudas. Desta forma, os isolados utilizados conseguiram proporcionar vigor e resistência para as mudas de açaí.

Com isso, os resultados mostraram a necessidade de isolar mais cepas *Trichoderma* nativas do Cerrado, assim como suas aplicações *in situ* para incrementação do crescimento vegetal, visando elucidar o problema no desenvolvimento da cultura.

Como reportado em vários trabalhos, a utilização de isolados de *Trichoderma* tem sido eficientes para o controle de fitopatógenos e na promoção do crescimento vegetal em diversas culturas. No capítulo 2, visando à promoção do crescimento vegetal do açaí cv. BRS Pai d'Égua, os resultados foram proeminentes, abrindo assim novas possibilidades para futuros isolamentos de organismos e aplicações *in vivo*.

REFERÊNCIAS

- Abbad, Marisa Aparecida Binotto. 2020. *Trichoderma* no desenvolvimento inicial de *Luffa cylindrica* M. Roem.(Cucurbitaceae).
- Abdelmoaty, S, MM Khandaker, K Mahmud, A Majrashi, MM Alenazi, e NA Badaluddin. 2022. Influência de *Trichoderma harzianum* e *Bacillus thuringiensis* na redução das taxas de NPK no crescimento, fisiologia e qualidade de frutos de *Citrus aurantifolia* . Brazilian Journal of Biology 82.
- Abreu, L. 2019a. M.; PFENNING, LH O gênero *Trichoderma*. *Trichoderma* uso na agricultura. 1ed. Brasília, DF: Embrapa.
- . 2019b. M.; PFENNING, LH O gênero *Trichoderma*. *Trichoderma* uso na agricultura. 1ed. Brasília, DF: Embrapa.
- Altomare, C, WA Norvell, THOMAS Björkman, e GE91438 Harman. 1999a. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 . Applied and environmental microbiology 65(7), 2926–33.
- . 1999b. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 . Applied and environmental microbiology 65(7), 2926–33.
- Anon. 2012. EMBRAPA . Curso: Avaliação de qualidade de produtos à base de *Trichoderma*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna –SP, 46.
- Barros, José Lourenço Almeida Prado Paes. 2019. Efeito de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Rizoctonia Solani* e na promoção de crescimento de tomateiros.
- Batista, Marcos AV, Francisco Bezerra Neto, Márcia MQ Ambrósio, Louise Guimarães, João Paulo B Saraiva, e Maiele L da Silva. 2013. Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas . Horticultura Brasileira 31, 587–94.
- Benítez, Tahía, Ana M Rincón, M Carmen Limón, e Antonio C Codon. 2004a. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma strains* . International microbiology 7(4), 249–60.
- . 2004b. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma strains* . International microbiology 7(4), 249–60.
- Bernardes, VP, DIS Andrade, DC Lustosa, TA Vieira, BP Rayol, e GB Silva. 2011. Avaliação de isolados de *Trichoderma* germinação de sementes de Jacarandá-do-Pará (*Dalbergia spruceana*) , Congresso Brasileiro de Fitopatologia.
- Bettio, Wagner. 2001. Métodos alternativos para o controle de doenças de plantas . Proteção de plantas na agricultura sustentável.
- Bettiol, Wagner, Zayame Vegette Pinto, Juliano Cesar da Silva, Cassiano Forner, Mírian Rabelo de Faria, Marina Guimarães Pacifico, e Lilian Simara Abreu Soares Costa. 2019. Produtos comerciais à base de *Trichoderma* . *Trichoderma*, 45.
- Bettiol, Wagner, JC Silva, e MLMP Castro. 2019. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil . MEYER, MC; MAZARO, SM; SILVA, JC *Trichoderma*: uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 21–43.
- Bolton, Melvin D, Bart PHJ Thomma, e Berlin D Nelson. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen . Molecular plant pathology 7(1), 1–16.
- Bononi, Laura, Josiane Barros Chiaramonte, Camila Cristiane Pansa, Marta Alves Moitinho, e Itamar Soares Melo. 2020. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth . Scientific Reports 10(1), 2858.
- Bortolin, Gabriel Streck, Maria Medianeira Saccol Wiethan, Rosana Taschetto Vey, João Carlos Pinto Oliveira, Mauricio Marini Köpp, e Antonio Carlos Ferreira da Silva.

2019. *Trichoderma* na promoção do desenvolvimento de plantas de *Paspalum regnellii* Mez . Revista de Ciências Agrárias 42(1), 135–45.
- Brasil. 1989. Lei nº 7.802.
- Brasil. 26 de junho de 2019b. Ranking da FAO mostra que uso de defensivos no Brasil é menor que em diversos países da Europa.
- Brasil, MS. 2018. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos.
- Brewer, Marin Talbot, e Robert P Larkin. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato . Crop Protection 24(11), 939–50.
- Brotman, Yariv, J Gupta Kapuganti, e Ada Viterbo. 2010. *Trichoderma* . Current Biology 20(9), R390–91.
- Cadore, Luana, Nayra Grazielle Silva, Rosana Vey, e Antonio Carlos Silva. 2016. Inoculação de sementes com *Trichoderma harzianum* e *Azospirillum brasiliense* no desenvolvimento inicial de arroz . Enciclopédia Biosfera 13(24).
- Cai, Feng, e Irina S Druzhinina. 2021. In honor of John Bissett: authoritative guidelines on molecular identification of *Trichoderma* . Fungal Diversity 107(1), 1–69.
- Calça, FJS, DG Sousa, JS Belém-Junior, RCP Faquim, S Xavier-Santos, CM Silva-Neto, e MMO Souza. 2021. Percepção de agricultores do Cerrado sobre os fungos . Brazilian Journal of Biology 82.
- Caldeira, Marcos Vinicius Winckler, Tatiele Anete Bergamo FENILLI, e Rosita Maria Pamplona HARBS. 2008. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha . Scientia Agraria 9(1), 027–033.
- Campos, Bruno Fróes, Anselmo Junior Corrêa Araújo, Cristina Aledi Felsemburgh, Thiago Almeida Vieira, e Denise Castro Lustosa. 2020. *Trichoderma* contributes to the germination and seedling development of açai palm . Agriculture 10(10), 456.
- Carneiro, Solange Monteiro de Toledo Pizza Gomes, Michele Regina Lopes da Silva, Euclides Bueno Romano, Leandro Camargo Borsato, Tatiana Marianowski, e José Carlos Gomes. 2012. Ocorrência de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. em *Carthamus tinctorius* L. no estado do Paraná . Summa Phytopathologica 38(2), 163–65.
- Carvalho, Daniel DC, Sueli Mello, Murillo Lobo Júnior, e Mayara C Silva. 2011. Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli in vitro e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum* . Tropical Plant Pathology 36, 28–34.
- Carvalho, Daniel Diego Costa, Denilson Ferreira de Oliveira, Vicente Paulo Campos, Moacir Pasqual, Renato Mendes Guimarães, e Rogério Sebastião Batista Corrêa. 2006. Avaliação da capacidade de produzir fitotoxinas in vitro por parte de fungos com propriedades antagônicas a nematóides . Ciência e Agrotecnologia 30, 1230–35.
- Chagas Jr, Aloisio Freitas, Lisandra Lima Luz, Albert Lennon Lima Martins, Adriano Sérgio Bernardo Queiroz, Lillian Franca Borges Chagas, Marcos Giongo, Augustus César Franke Portella, e Gessiel Scheidt. 2022. Alterações morfofisiológicas na cultura do arroz e milho ocasionados pelo *Trichoderma asperellum* . Journal of Biotechnology and Biodiversity 10(4), 287–96.
- Chagas, Lillian FB, Henrique G de Castro, Brigitte SO Colonia, RC Magno Filho, Luciane O Miller, e Aloisio Freitas Chagas Junior. 2016. Efficiency of the inoculation of *Trichoderma asperellum* UFT-201 in cowpea production components under growth conditions in field . Revista de Ciências Agrárias 39(3), 413–21.
- Chagas, Lillian França Borges, Aloisio Freitas Chagas Junior, Layssah Passos Soares, e Rodrigo Ribeiro Fidelis. 2017. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal . Revista de Agricultura Neotropical 4(3), 97–102.

- Chang, Ya-Chun, Yih-Chang Chang, R Baker, O Kleifeld, e I Chet. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum* . *Plant disease* 70(2), 145–48.
- Chimento, Carlo, e Stefano Amaducci. 2015. Characterization of fine root system and potential contribution to soil organic carbon of six perennial bioenergy crops . *Biomass and Bioenergy* 83, 116–22.
- Clark, Francis E. 1965. Agar-plate method for total microbial count . *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* 9, 1460–66.
- Contreras-Cornejo, Hexon Angel, Lourdes Macías-Rodríguez, Carlos Cortés-Penagos, e José López-Bucio. 2009. *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), 1579–92.
- Cúndom, MA, SM Mazza, e SA Gutiérrez. 2003. Selection of *Trichoderma* spp. isolates against *Rhizoctonia solani* . *Spanish Journal of Agricultural Research* 1(4), 79–82.
- Da Silva, JC, DB Torres, DC Lustosa, MCC de Filippi, e GB da Silva. 2012. Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the Amazon. . *Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- David, Grace Queiroz, E CHAVARRO-MESA, DA Schurt, e PC Ceresini. 2018. *Rhizoctonia* como fitopatógeno no agroecossistema brasileiro. . *Embrapa Roraima-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- De Abreu, LM, e LH PFENNING. 2019. O gênero *Trichoderma* , *Trichoderma*: uso na agricultura. Brasília: EMBRAPA, p. 163–79.
- Desjardins, Anne E. 2006. *Fusarium mycotoxins: chemistry, genetics, and biology*. American Phytopathological Society (APS Press).
- Di Piero, Robson Marcelo, e Marcos Venicius Garda. 2008. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum . *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43(9), 1121–28.
- Dias, Pedro Paulo, Ricardo Luis Louro Berbara, e Maria do Carmo de Araújo Fernandes. 2013. Controle de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli por biopreparados de isolados de *Trichoderma* spp. . *Summa Phytopathologica* 39(4), 258–62.
- Druzhinina, Irina S, Komal Chenthamara, Jian Zhang, Lea Atanasova, Dongqing Yang, Youzhi Miao, Mohammad J Rahimi, Marica Grujic, Feng Cai, e Shadi Pourmehdi. 2018. Massive lateral transfer of genes encoding plant cell wall-degrading enzymes to the mycoparasitic fungus *Trichoderma* from its plant-associated hosts . *PLoS genetics* 14(4), e1007322.
- Druzhinina, Irina S, Verena Seidl-Seiboth, Alfredo Herrera-Estrella, Benjamin A Horwitz, Charles M Kenerley, Enrique Monte, Prasun K Mukherjee, Susanne Zeilinger, Igor V Grigoriev, e Christian P Kubicek. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success . *Nature reviews microbiology* 9(10), 749–59.
- Duran, Pietro, Pietro Pimentel Morales Duran, Eduarda Pereira de Pereira, Matheus Silva dos Santos, Madalena Boeni, Gersa Pauli Kist Steffen, e Frederico Costa Beber Vieira. 2022. PH DO SOLO E POTENCIAL DE MICRORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE O CRESCIMENTO RADICULAR DE OLIVEIRAS . *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão* 2(14).
- Etebarian, HR, ES Scott, e TJ Wicks. 2000. *Trichoderma harzianum* T39 and *T. virens* DAR 74290 as potential biological control agents for *Phytophthora erythroseptica* . *European Journal of Plant Pathology* 106(4), 329–37.

- Ethur, Luciana Zago, Elena Blume, Manoeli Lupatini, Marlove Fátima Brião Muniz, Zaida Inês Antonioli, e Leandro H Lorentz. 2012. *Trichoderma asperellum* na produção de mudas contra a fusariose do pepineiro . *Scientia Agraria Paranaensis* 11(4), 73–84.
- Ethur, Luciana Zago, Elena Blume, Marlove Fátima Brião Muniz, Rodrigo Fernandes Camargo, Maria Georgina Veiga Flores, Josiane Leila Gomes da Cruz, e Josiane Pacheco Menezes. 2008. *Trichoderma harzianum* no desenvolvimento e na proteção de mudas contra a fusariose do tomateiro . *Ciência e Natura* 30(2), 57–69.
- Ezziyyani, M, ME Requena, C Egea-Gilabert, e ME Candela. 2007. Biological control of Phytophthora root rot of pepper using *Trichoderma harzianum* and *Streptomyces rochei* in combination . *Journal of Phytopathology* 155(6), 342–49.
- FAO. 2021. *Mudança climática influencia na perda da produção agrícola para pragas, conclui estudo apoiado pela FAO.*
- Ferreira, DF. 2000. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA 45., 2000, São Carlos . Anais... São Carlos: SIB, 255–58.
- Flores, Pedro Maury, Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior, e Roberto Arnaldo Trancoso Gomes. 2012. Análise multitemporal da expansão agrícola no município de Barreiras-Bahia (1988-2008) . *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária* 7(14).
- Forde, Brian, e Helena Lorenzo. 2001. The nutritional control of root development . *Plant and soil* 232, 51–68.
- Franken, Philipp, Gerrit Kuhn, e Vivienne Gianinazzi-Pearson. 2002a. Development and molecular biology of arbuscular mycorrhizal fungi , *Molecular biology of fungal development*. CRC Press, p. 313–34.
- . 2002b. Development and molecular biology of arbuscular mycorrhizal fungi , *Molecular biology of fungal development*. CRC Press, p. 313–34.
- Fravel, D, Chantal Olivain, e Claude Alabouvette. 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol . *New phytologist* 157(3), 493–502.
- Freitas, DG, MA Carvalhaes, e VS Bezerra. 2021. Boas práticas na cadeia de produção de açaí.
- Gomes, José Mauro, Laércio Couto, Helio Garcia Leite, Aloísio Xavier, e Silvana Lages Ribeiro Garcia. 2002. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* . *Revista Árvore* 26, 655–64.
- Guarda, Patricia Martins, Lilian Oliveira do Amaral, Larissa da Silva Gualberto, e Emerson Adriano Guarda. 2016. PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM CULTURA DE ABACAXI NO ESTADO DO TOCANTINS E POSSÍVEIS PROBLEMAS DE CONTAMINAÇÃO . *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins* 3(Especial), 70–79.
- Harman, Gary E. 2000a. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22 . *Plant disease* 84(4), 377–93.
- . 2000b. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22 . *Plant disease* 84(4), 377–93.
- . 2000c. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22 . *Plant disease* 84(4), 377–93.
- Harman, Gary E, Charles R Howell, Ada Viterbo, Ilan Chet, e Matteo Lorito. 2004a. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts . *Nature reviews microbiology* 2(1), 43–56.
- . 2004b. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts . *Nature reviews microbiology* 2(1), 43–56.

- , 2004c. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts . *Nature reviews microbiology* 2(1), 43–56.
- Harrison, Joshua G, e Eric A Griffin. 2020. The diversity and distribution of endophytes across biomes, plant phylogeny and host tissues: how far have we come and where do we go from here? . *Environmental microbiology* 22(6), 2107–23.
- Henson, Joan M, Michael J Butler, e Alan W Day. 1999. The dark side of the mycelium: melanins of phytopathogenic fungi . *Annual review of phytopathology* 37(1), 447–71.
- Hermosa, Rosa, Rosa Elena Cardoza, María Belén Rubio, Santiago Gutiérrez, e Enrique Monte. 2014. Secondary metabolism and antimicrobial metabolites of *Trichoderma* , *Biotechnology and biology of trichoderma*. Elsevier, p. 125–37.
- Hjeljord, Linda Gordon, Arne Stensvand, e Arne Tronsmo. 2001. Antagonism of nutrient-activated conidia of *Trichoderma harzianum* (atroviride) P1 against *Botrytis cinerea* . *Phytopathology* 91(12), 1172–80.
- Howell, CR. 2003a. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts . *Plant disease* 87(1), 4–10.
- , 2003b. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts . *Plant disease* 87(1), 4–10.
- IBGE. 2019. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal.
- Jesus, EP de, CHE de Souza, Alan William Vilela Pomella, RL da Costa, Lazaro Seixas, e RB da Silva. 2011. Avaliação do potencial de *Trichoderma asperellum* como condicionador de substrato para a produção de mudas de café . *Revista do Centro Universitário de Patos de Minas* 2(2), 7–19.
- Júnior, Albino Grigoletti, Álvaro Figueredo dos Santos, e Celso Garcia Auer. 2000. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais . *Floresta* 30(1/2).
- Junior, Aloisio Freitas Chagas, Manuella Costa Souza, Albert Lennon Lima Martins, Celso Afonso Lima, Kellen Ângela Oliveira de Sousa, Paulo Antonio Amaral Cardoso Pinheiro Santana, Milena Barreira Lopes, e Lillian França Borges Chagas. 2022. Eficiência de *Trichoplus (Trichoderma asperellum)* como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado . *Research, Society and Development* 11(5), e16111527970–e16111527970.
- Kleifeld, O, e I Chet. 1992. *Trichoderma*-plant interaction and its effect on increased growth response . *Plant soil* 144(2), 267–72.
- Kubicek, Christian P, Alfredo Herrera-Estrella, Verena Seidl-Seiboth, Diego A Martinez, Irina S Druzhinina, Michael Thon, Susanne Zeilinger, Sergio Casas-Flores, Benjamin A Horwitz, e Prasun K Mukherjee. 2011. Comparative genome sequence analysis underscores mycoparasitism as the ancestral life style of *Trichoderma* . *Genome biology* 12(4), R40.
- Lazzaretti, E, e W Bettiol. 1997. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis* . *Scientia Agricola* 54(1–2), 89–96.
- Leite, RMVB de C. 2005. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. . *Embrapa Soja. Comunicado Técnico*.
- Li, Ying-Tzu, San-Gwang Hwang, Yuh-Ming Huang, e Cheng-Hua Huang. 2018. Effects of *Trichoderma asperellum* on nutrient uptake and *Fusarium* wilt of tomato . *Crop Protection* 110, 275–82.
- Lisboa, Bruno Brito, Carla Centeno Bochese, Luciano Kayser Vargas, José Ricardo Pfeifer Silveira, Bernadete Radin, e Andréia Mara Rota de Oliveira. 2007. Eficiência de

- Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride* na redução da incidência de *Botrytis cinerea* em tomateiro cultivado sob ambiente protegido . *Ciência Rural* 37, 1255–60.
- Lopes, Carla Vanessa Alves, e Guilherme Souza Cavalcanti de Albuquerque. 2018a. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática . *Saúde em debate* 42, 518–34.
- , 2018b. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática . *Saúde em debate* 42, 518–34.
- Lopes, Fabyano Alvares Cardoso, Andrei Stecca Steindorff, Alaerson Maia Geraldine, Renata Silva Brandão, Valdirene Neves Monteiro, Murillo Lobo Júnior, Alexandre Siqueira Guedes Coelho, Cirano José Ulhoa, e Roberto Nascimento Silva. 2012. Biochemical and metabolic profiles of *Trichoderma* strains isolated from common bean crops in the Brazilian Cerrado, and potential antagonism against *Sclerotinia sclerotiorum* . *Fungal Biology* 116(7), 815–24.
- Louzada, Gisele Angélica de Souza, Daniel Diego Costa Carvalho, Sueli Corrêa Marques Mello, Murillo Lobo Júnior, Irene Martins, e Leonardo Minaré Braúna. 2009. Potencial antagonico de *Trichoderma* spp. originários de diferentes agroecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani* . *Biota neotropica* 9, 145–49.
- Lucon, Cleusa Maria Mantovanello. 2009. Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp . São Paulo: Instituto Biológico/Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal.
- Lucon, Cleusa Maria Mantovanello, Alexandre Levi Rodrigues Chaves, e Simone Bacilieri. 2014. *Trichoderma*: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura.
- Lynch, JM, KL Wilson, MA Ousley, e JM Whipps. 1991. Response of lettuce to *Trichoderma* treatment . *Letters in Applied Microbiology* 12(2), 59–61.
- Lynch, Jonathan P, Joseph G Chimungu, e Kathleen M Brown. 2014. Root anatomical phenes associated with water acquisition from drying soil: targets for crop improvement . *Journal of Experimental Botany* 65(21), 6155–66.
- Machado, Daniele Franco Martins, Francini Requia Parzianello, Antonio Carlos Ferreira da Silva, e Zaida Inês Antonioli. 2012. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente . *Revista de Ciências Agrárias* 35(1), 274–88.
- Machado, Daniele Franco Martins, Francini Requia Parzianello, Antonio Carlos Ferreira da Silva, e Zaida Inês Antonioli. 2012. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente . *Revista de Ciências Agrárias* 35(1), 274–88.
- Machado, Daniele Franco Martins, Antonio Padilha Tavares, Sidinei José Lopes, e Antonio Carlos Ferreira da Silva. 2015. *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera) . *Revista Árvore* 39, 167–76.
- Magalhaes, Paulo C, e Frederico OM Durães. 2006. Fisiologia da produção de milho. . *Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.
- Melo, IS de. 1996. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas . *Revisão anual de patologia de plantas* 4(1), 261–95.
- Melo Júnior, José Ailton Gomes de. 2020. A inoculação com microrganismos afeta positivamente a arquitetura do sistema radicular e o acúmulo de nutrientes em mudas de *Euterpe oleracea* (Mart.).
- Menke, Aline Brignol, Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Éder de Souza Martins, e Sandro Nunes de Oliveira. 2009. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luís Eduardo Magalhães (BA-Brasil).
- Meyer, Maurício C, Hercules D Campos, Cláudia V Godoy, Carlos M Utiamada, Alexander H Seii, Alfredo R Dias, David S Jaccoud Filho, Edson P Borges, Fernando C Juliatti, e

- José Nunes Junior. 2018. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2017/18: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos . Circular Técnica 140.
- Meyer, Maurício Conrado, Hércules Diniz Campos, Cláudia Vieira Godoy, e Carlos Mitinori Utiamada. 2016. Ensaio cooperativos de controle biológico de mofo-branco na cultura da soja-safras 2012 a 2015 . Londrina: Embrapa Soja.
- Meyer, MC, HD Campos, CV Godoy, CM Utiamada, CB Pimenta, DS Jaccoud Filho, EP Borges, FC Juliatti, J NUNES JUNIOR, e LC Carneiro. 2017. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. . Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E).
- Milanesi, Paola M, Elena Blume, Zaida Inês Antonioli, Marlove Fátima B Muniz, Ricardo Feliciano dos Santos, Geísa Finger, e Miria Rosa Durigon. 2013. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja . Revista de Ciências Agrárias 36(3), 347–56.
- Milanesi, Paola M, Elena Blume, Zaida Inês Antonioli, Marlove Fátima B Muniz, Ricardo Feliciano dos Santos, Geísa Finger, e Miria Rosa Durigon. 2013. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja . Revista de Ciências Agrárias 36(3), 347–56.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano.
- Mittermeier, Russell A, Gustavo AB Da Fonseca, Anthony B Rylands, e Katrina Brandon. 2005. A brief history of biodiversity conservation in Brazil . Conservation Biology 19(3), 601–7.
- Monte, Enrique, Wagner Bettiol, e Rosa Hermosa. 2019. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas . *Trichoderma*, 181.
- Monteiro, MCP. 2012. Identificação de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* em solos preservados do cerrado . Lavras, 76 p. Dissertação.
- Moraes, Walkvria BC. 1992. Controle alternativo de fitopatógenos . Pesquisa Agropecuária Brasileira 27(13), 175–90.
- Morandi, Mab, e W Bettiol. 2009. Biocontrole de Doenças de Plantas Usos e Perspectivas . MORANDI, MA B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de Plantas no Brasil 1, 300–334.
- Moreira, Fátima Maria de Souza, e Francisco Wessen Moreira. 1996. Características da germinação de sementes de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro . Acta amazônica 26, 3–15.
- Naher, Laila, Umi Kalsom Yusuf, Ahmad Ismail, e Kausar Hossain. 2014. *Trichoderma* spp.: a biocontrol agent for sustainable management of plant diseases . Pak. J. Bot 46(4), 1489–93.
- Nascimento, Wmo. 2008. Açaí *Euterpe oleracea* Mart. . Embrapa Amazônia Oriental-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E).
- Naseby, DC, JA Pascual, e JM Lynch. 2000. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities . Journal of Applied Microbiology 88(1), 161–69.
- Ogoshi, Akira. 1996. Introduction—the genus *Rhizoctonia* , *Rhizoctonia* species: Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control. Springer, p. 1–9.
- Oliveira, Ariádila Gonçalves, Aloisio Freitas Chagas Junior, Gil Rodrigues dos Santos, Luciane Oliveira Miller, e Lillian França Borges Chagas. 2012a. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. . Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 7(3), 26.






- , 2012b. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. . Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 7(3), 26.
- Oliveira, JM, ALF Destro, MB Freitas, e LL Oliveira. 2021. Como os pesticidas afetam os morcegos?-Uma breve revisão de publicações recentes . Brazilian Journal of Biology 81(2), 499–507.
- Oliveira, M do SP. 2000. *Açaí (Euterpe oleracea Mart.). Jaboticabal*. Universidade Federal do Paraná.
- Oliveira, M do SP de, JEU de Carvalho, WMO do Nascimento, e CH Muller. 2002. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. . Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica.
- Ousley, MA, JM Lynch, e JM Whipps. 1993. Effect of *Trichoderma* on plant growth: a balance between inhibition and growth promotion . Microbial Ecology 26(3), 277–85.
- Pignati, Wanderlei Antonio, Francco Antonio Neri de Souza Lima, Stephanie Sommerfeld de Lara, Marcia Leopoldina Montanari Correa, Jackson Rogério Barbosa, Luís Henrique da Costa Leão, e Marta Gislene Pignatti. 2017. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde . Ciência & Saúde Coletiva 22, 3281–93.
- Pio-Gonçalves, Renata, Hyanameyka Evangelista de Lima-Primo, Daniel Augusto Schurt, Alexandre Curcino, Eliane do Nascimento Cunha, e Plínio Henrique Oliveira Gomide. 2022. EFICIÊNCIA DE *TRICHODERMA* SPP. NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAIZEIRO (*EUTERPE OLERACEA MART.*) . Revista Brasileira de Agroecologia 17(4), 339–53.
- Pomella, Alan William Vilela, e RTS Ribeiro. 2009. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas—uma visão empresarial . Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 239–44.
- Pomella, Alan William Vilela, e Rute Terezinha da Silva Ribeiro. 2009. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas—uma visão empresarial . Biocontrole de Doenças de Plantas, 239.
- Rêgo, Marcela Cristiane Ferreira, Fernanda Ilkiu-Borges, Marta Cristina Corsi de Filippi, Letícia Almeida Gonçalves, e Gisele Barata da Silva. 2014. Morphoanatomical and Biochemical Changes in the Roots of Rice Plants Induced by Plant Growth-Promoting Microorganisms . Journal of Botany 2014, 1–10.
- Resende, Maria de Lourdes, João Almir de Oliveira, Renato Mendes Guimarães, Renzo Garcia Von Pinho, e Antônio Rodrigues Vieira. 2004. Inoculação de sementes de milho utilizando o *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento . Ciência e Agrotecnologia 28, 793–98.
- Ribeiro, Jennifer Gonçalves, Ilka Márcia Ribeiro de Sousa Serra, e Marcela Uli Peixoto Araújo. 2016. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão . Summa Phytopathologica 42(2), 160–64.
- Robinson, D, A Hodge, e A Fitter. 2003. Constraints on the form and function of root systems . Root ecology, 1–31.
- Rocha, Fernando da Silva, Gustavo Henrique Silva Ferreira, Tereza Cristina Souza Reis Silva, Fernanda Letycia Amaral, Maria de Fátima Silva Muniz, e Elismara Aparecida Pereira. 2016. Caracterização de *Fusarium solani* f. sp. piperis, produção de fitotoxina e incidência da fusariose no norte de Minas Gerais . Summa Phytopathologica 42(1), 67–72.
- Rodrigues, FA, GF Corrêa, MA dos Santos, e EL Borges Filho. 1998. Fatores envolvidos na supressividade a *Rhizoctonia solani* em alguns solos tropicais brasileiros . Revista brasileira de ciência do solo 22(2), 239–46.

- Sá, Mylenna Nádja Ferreira, Jéssica de Souza Lima, Fábio Nascimento de Jesus, Jane Oliveira Perez, e Carlos Alberto Tuão Gava. 2019. Efeito de *Bacillus* sp. e *Trichoderma* sp. no crescimento micelial de *Sclerotium rolfsii*. *Acta Brasiliensis* 3(2), 79–81.
- Sanogo, S, A Pomella, PK Hebbar, Bryan Bailey, JCB Costa, GJ Samuels, e RD Lumsden. 2002. Production and germination of conidia of *Trichoderma stromaticum*, a mycoparasite of *Crinipellis pernicioso* on cacao. *Phytopathology* 92(10), 1032–37.
- Santos, Hugo Almeida, Sueli Corrêa Marques Mello, e José Ricardo Peixoto. 2010. Associação de isolados de *Trichoderma* spp. e ácido indol-3-butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. *Bioscience Journal* 26(6).
- Sharon, E, M Bar-Eyal, I Chet, A Herrera-Estrella, O Kleifeld, e Y Spiegel. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 91(7), 687–93.
- Silva Cadore, Luana, Rosana Taschetto Vey, Jean Carlos Frezingsheli de Fresinghelli, Lucas Dotto, Francielly Baroni Mendes, e Antonio Carlos Ferreira da Silva. 2020. *Trichoderma* and *Bradyrhizobium japonicum* bioformulates on soy initial growth. *Ciência e Natura* 42, e22–e22.
- Silva, Gisele Barata, Marcela Cristiane Ferreira Rêgo, Suenny Kelly Santos de França, Thatyane Pereira de Sousa, Adriano Stephan Nascente, Anna Cristina Lanna, Marta Cristina Corsi de Filippi, Alan Carlos Alves de Souza, e Gustavo Bezerra Andrade. 2019. Uso do *Trichoderma* na cultura do arroz. *Trichoderma*, 349.
- Silva RN, Monteiro V.N, Steindorff A.S, Gomes E.V, Noronha E.F, e Ulhoa C.J. 2019. *Trichoderma*/pathogen/plant interaction in pre-harvest food security. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878614619300881?casa_token=1HW_XoWuRQwAAAA:VHqA5RB2btOXuP9uA-dkjRf2Be8yXmQ1Y3xdTOj4h9aHiAsiSKEahe8gVEnLmzpyLvadvk7wrx4.
- Silveira, Silvaldo Felipe da, Acelino Couto Alfenas, Luís Antônio Maffia, e Márcio Shiguero Suzuki. 2003. Chemical control of leaf scorch and web blight of eucalypt cuttings, caused by *Rhizoctonia* spp. *Fitopatologia Brasileira* 28(6), 642–49.
- Sivan, A, e GE Harman. 1991. Improved rhizosphere competence in a protoplast fusion progeny of *Trichoderma harzianum*. *Microbiology* 137(1), 23–29.
- Taiz, Lincoln, Eduardo Zeiger, Ian Max Møller, e Angus Murphy. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
- Tapia, Cecilia, e José Amaro. 2014. Género *Fusarium*. *Revista chilena de infectología* 31(1), 85–86.
- Thrane, Lars, Harold T Yura, e Peter E Andersen. 2000. Analysis of optical coherence tomography systems based on the extended Huygens–Fresnel principle. *JOSA A* 17(3), 484–90.
- Tsrer, L, e I Peretz-Alon. 2005. The influence of the inoculum source of *Rhizoctonia solani* on development of black scurf on potato. *Journal of Phytopathology* 153(4), 240–44.
- Valadares, Alexandre Arbex, Fábio Alves, e Marcelo Galiza. 2020. O Crescimento do uso de agrotóxicos: uma análise descritiva dos resultados de Censo Agropecuário 2017.
- Vinale, Francesco, Krishnapillai Sivasithamparam, Emilio L Ghisalberti, Roberta Marra, Sheridan L Woo, e Matteo Lorito. 2008. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry* 40(1), 1–10.
- Vinale, Francesco, Krishnapillai Sivasithamparam, Emilio L Ghisalberti, Michelina Ruocco, Sheridan Woo, e Matteo Lorito. 2012. *Trichoderma* secondary metabolites that affect plant metabolism. *Natural product communications* 7(11), 1934578X1200701133.
- Weindling, RI. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology* 22(8), 837–45.

Original Article

***Trichoderma*: biological control efficiency and perspectives for the Brazilian Midwest states and Tocantins**

Trichoderma: eficiência no controle biológico e perspectivas para os estados do Centro-Oeste brasileiro e Tocantins

V. C. Nascimento^a , K. C. Rodrigues-Santos^a , K. L. Carvalho-Alencar^a , M. B. Castro^a, R. H. Kruger^b 
 and F. A. C. Lopes^{a*} 

^aUniversidade Federal do Tocantins – UFT, Laboratório de Microbiologia, Porto Nacional, TO, Brasil

^bUniversidade de Brasília – UnB, Laboratório de Enzimologia, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, Brasil

Abstract

Brazil is one of the world leaders in the agribusiness sector tending to directly influence a growing dependence on imported inputs, specifically synthetic agrochemicals. At the state level, in 2013, Tocantins stood out in first place in the ranking of agrochemical consumers, however, these products can cause several problems, such as poisoning to humans, environmental contamination, and increased resistance to phytopathogens. Biological control is an alternative to the use of agrochemicals towards eliminating pests naturally by using living organisms called Biological Control Agents (BCA). Currently, fungi of the *Trichoderma* genus are some of the most used organisms in biological pest control for their relevant characteristics that favor them in terms of survival in the environment, such as high capacity to adapt to ecological conditions, potential to colonize the rhizosphere of plants, mycoparasitism, production of volatile and non-volatile metabolites. In addition, it works on plant growth and productivity. In general, the use of *Trichoderma* favors the control of soil pathogens, such as *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotinia*, and nematodes. Thus, this review aims to demonstrate the importance of using *Trichoderma* in biological control, as well as to present an overview and perspectives of research developed by respondents in the Brazilian Midwest region and Tocantins state.

Keywords: *Trichoderma*, biocontrol, growth promotion, research overview.

Resumo

O Brasil é um dos líderes mundiais no setor do agronegócio e essa liderança tende a impactar diretamente numa dependência crescente de insumos importados, especificamente, agroquímicos sintéticos. A nível de estado, em 2013, o Tocantins se destacava em primeiro lugar no ranking de consumidores de agroquímicos, contudo, esses produtos podem causar diversos problemas, como intoxicação ao homem, contaminação do ambiente e aumento da resistência de fitopatógenos. Um método alternativo ao uso de agroquímicos é o controle biológico, o qual busca a eliminação de pragas de forma natural, utilizando-se de organismos vivos chamados de Agentes de Controle Biológico (ACB). Atualmente, entre os organismos mais usados no controle biológico de pragas estão os fungos do gênero *Trichoderma*, isto, por possuir algumas características relevantes que os favorecem em termos de sobrevivência no ambiente, tais como: a alta capacidade de adaptação às condições ecológicas, potencial em colonizar a rizosfera das plantas, micoparasitismo, produção de metabólitos voláteis e não voláteis. Além disso, atua no crescimento e produtividade das plantas. Geralmente, o uso de *Trichoderma* favorece o controle de patógenos do solo, como: *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotinia* e nematoides. Assim, a presente revisão visa demonstrar a importância da utilização do *Trichoderma* no controle biológico, assim como apresentar um panorama e perspectivas das pesquisas desenvolvidas por pesquisados da região Centro-Oeste brasileiro e no estado do Tocantins.

Palavras-chave: *Trichoderma*, biocontrole, promoção de crescimento, panorama das pesquisas.

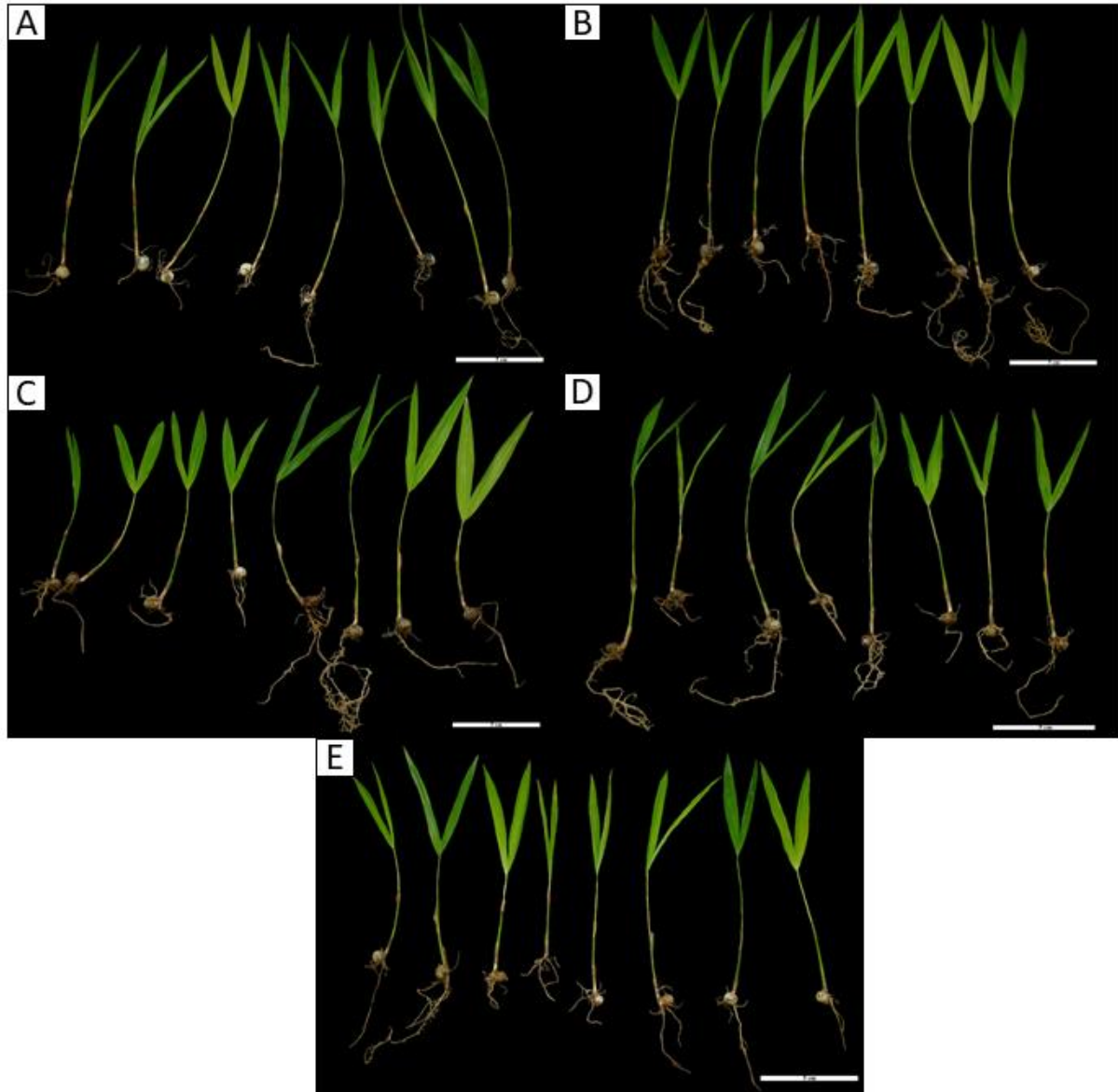
*e-mail: flopes@uft.edu.br

Received: January 18, 2022 – Accepted: July 21, 2022



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ANEXO B - Imagem representativa das mudas de açaí com 120 dias após a semeadura. (A) Parcela representativa do bloco 1, tratamento com *Trichoderma asperelloides* 356. (B) Parcela representativa do bloco 2, tratamento controle (sem inoculação do antagonista). (C) Parcela representativa do bloco 3, tratamento com *Trichoderma* spp2. (D) Parcela representativa do bloco 4, tratamento com *Trichoderma harzianum* ALL42. (E) Parcela representativa do bloco 5, tratamento Mistura (junção de todos os isolados).



ANEXO C - Imagem representativa das raízes da mudas de açaí com 120 dias após a semeadura.



ANEXO D - Imagem representativa das necroses presentes nas raízes das mudas de açaí.

