

Potencial de isolados de *Trichoderma* para controle de doenças e promoção do crescimento de plantas

Juliano Silveira Machado^{(1)*}, Admir José Giachini⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 8840-900, Florianópolis-SC, Brasil.

⁽²⁾ Professor, Depto. de Microbiologia, Parasitologia e Imunologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade, Florianópolis, SC, Brasil. Caixa postal 476, CEP 88040-900

*Autor Correspondente - E-mail: juliano.silveira.machado@grad.ufsc.br

Resumo

Trichoderma é um gênero do reino Fungi que tem adquirido importância para a agricultura devido ao seu potencial em promoção de crescimento vegetal e controle biológico de patógenos. Devido a isto, este trabalho teve como objetivo isolar do solo e testar, in vitro, alguns isolados de *Trichoderma* spp. para atributos de interesse agrícola como: produção de catalase, solubilização de fosfato de cálcio e controle de patógenos (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia* sp. e *Sclerotinia* sp.). Nessa pesquisa, verificamos que todos os isolados de *Trichoderma* produziram catalase, nenhum solubilizou fosfato de cálcio e todos controlaram *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *Rhizoctonia* sp. e *Sclerotinia* sp. Para o controle do *Fusarium oxysporum* e de *Rhizoctonia* sp., todos os isolados de *Trichoderma* sp. foram eficientes, não apresentando diferença estatística entre eles. Para *Fusarium graminearum*, 18 isolados se destacaram apresentando os maiores índices de eficiência, seguidos de outros 9 isolados apresentando eficiência inferior aos primeiros; todos apresentaram algum nível de controle em relação a testemunha. Para a *Sclerotinia* sp., 17 isolados apresentaram um nível superior de controle, seguido de outros 8; todos apresentaram algum nível de controle em relação a testemunha. Estes resultados demonstram o alto potencial destes isolados de *Trichoderma* spp. para uso na agricultura, principalmente para o controle de doenças.

Palavras-chave: *Trichoderma*, Controle Biológico, Promoção de Crescimento vegetal, patógenos.

Abstract

Trichoderma is a genus of the kingdom Fungi that has acquired importance for agriculture due to its potential in promoting plant growth and biological control of pathogens. Therefore, this work aimed to isolate from the soil and test, in vitro, some isolates of *Trichoderma* spp. for attributes of agricultural interest such as: catalase production, calcium phosphate solubilization and control of pathogens (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia* sp. and *Sclerotinia* sp.). In this research, we found that all *Trichoderma* isolates produced catalase, none solubilized calcium phosphate and all controlled *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *Rhizoctonia* sp. and *Sclerotinia* sp. For the control of *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia* sp., all isolates of *Trichoderma* sp. were efficient, with no statistical difference between them. For *Fusarium graminearum*, 18 isolates stood out with the highest efficiency indexes, followed by another 9 isolates with lower efficiency than the first; All of them had some level of control in relation to the witness. For *Sclerotinia* sp., 17 isolates showed a higher level of control, followed by 8 others; All of them had some level of control in relation to the witness. These results demonstrate the high potential of these *Trichoderma* spp. isolates for use in agriculture, especially for disease control.

Keywords: *Trichoderma*, Biological Control, Growth Promotion, pathogens.

Introdução

Visando reduzir a dependência de fertilizantes e pesticidas químicos, os microrganismos promotores do crescimento das plantas têm recebido atenção em escala global nos últimos anos, podendo ser utilizados como inoculantes ou biodefensivos. Esses microrganismos desempenham um papel fundamental na redução das perdas de cultivos por doenças e pragas, principalmente causadas por fitopatógenos. Todos esses benefícios contribuem para o aumento da produção de alimentos e de forma sustentável, pois reduzem a necessidade de pesticidas e fertilizantes (GUZMÁN-GUZMÁN et al., 2023). Buscando aumentar ainda mais a produtividade dos cultivos de forma sustentável, são necessários mais estudos buscando microrganismos mais eficientes que os já disponíveis para a promoção de crescimento de plantas e controle de doenças.

Entre as espécies microbianas reconhecidamente importantes para a aplicação na agricultura, destacam-se aquelas pertencentes ao gênero *Trichoderma* (Teleomorfo: *Hypocrea* sp.), que são classificadas no filo Ascomycota, ordem Hypocreales e família

Hypocreaceae. Esses fungos têm ampla distribuição, sendo encontrados com frequência em solos, como simbioses de plantas, saprófitos e patógenos (ALFIKY; WEISSKOPF, 2021). Eles demonstram potencial para promoção do crescimento e aumento da produtividade das plantas por meio da produção de auxinas, solubilização de fosfatos, mitigação de estresses bióticos e abióticos, indução de resistência e controle de pragas e doenças (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019). No caso do controle biológico de forma direta, ou seja, através do confronto com o patógeno, *Trichoderma* pode agir por hiper parasitismo, antibiose e/ou competição (OLIVEIRA et al., 2012; SOOD; KAPOOR; KUMAR, 2020). Além disso, eles são eficazes na atenuação de estresses abióticos, como estresses hídricos, altas temperaturas e salinidade (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019; KASHYAP et al., 2020).

Quando as plantas enfrentam estresses, tanto bióticos quanto abióticos, ocorre um aumento na concentração de espécies reativas de oxigênio (ROS). Os fungos do gênero *Trichoderma* possuem diversos mecanismos para atuar na amenização desses estresses, dentre eles a produção de catalases (hidroperoxidase, E.C. 1.11.1.6). Essas enzimas estão presentes na maioria dos organismos, protegendo as células das plantas contra os efeitos prejudiciais das ROS, que são subprodutos de várias atividades metabólicas e que podem causar estresse oxidativo (SWITALA; LOEWEN, 2002; BELO; SOUZA, 2016).

Outro ponto de extrema importância na agricultura é a disponibilidade adequada de nutrientes, sendo o nitrogênio e o fósforo os mais requisitados pelas culturas. O nitrogênio pode ser fornecido por fontes minerais, orgânicas ou pela fixação biológica de N, realizado por alguns grupos de bactérias. Já o fósforo, considerado o segundo macronutriente mais importante, frequentemente limita o crescimento das plantas devido à sua baixa disponibilidade no solo. A maior parte do fósforo nos solos cultivados é inorgânica e está associada ao alumínio, ferro ou cálcio, formando minerais insolúveis, enquanto aproximadamente 1/3 do fósforo total está ligado à matéria orgânica (FARDEAU, 1996; BUCHER et al., 2018).

Vários estudos indicam o potencial dos isolados de *Trichoderma* na solubilização de fosfato de cálcio (SARAVANAKUMAR et al., 2013; BADER et al., 2020). Esse processo envolve a liberação de ácidos orgânicos e enzimas, como fosfatases e fitases (RAMESH et al., 2011). Em um estudo conduzido por Bononi et al. (2020), diversos isolados demonstraram a capacidade de solubilizar fosfato através da produção de ácidos orgânicos, como: ácido láctico, fumárico, ascórbico, glucônico, D-málico, D-isocítrico, cítrico e fítico.

No controle de doenças, o *Trichoderma harzianum* é conhecido por controlar uma ampla gama de patógenos como: *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Heterodera glycines*, *Macrophomina phaseolina*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zaeae*, *Phytophthora sojae*, entre outros. Diferentes isolados são viabilizados via produtos comerciais registrados para o controle de patógenos específicos como: *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. afroharzianum*, *T. atroviride*, *T. endophyticum*, *T. Koningiopsis*, *T. reesei*, *T. stromaticum* e *T. viride* (AGROFIT, 2023). Alguns produtos comerciais utilizam combinações de *Trichoderma harzianum* com espécies de *Bacillus* (AGROFIT, 2023), devido a interação sinérgica do *Trichoderma* com diversas espécies bacterianas promotoras de crescimento de plantas. Deste modo, como destacado por Alfiky e Weisskopf (2021), é essencial continuar a busca por isolados de *Trichodermas* mais eficientes e, aprofundar o entendimento da interação entre o *Trichoderma* e plantas, outros microrganismos e o ambiente, a fim de desenvolver estratégias eficazes para aumentar a produção das culturas através do aporte nutricional e proteção contra pragas e doenças.

Dentro deste contexto, o objetivo do estudo foi identificar isolados de *Trichoderma* que se destacam na solubilização de fosfato de cálcio, inibição de patógenos (*F. oxysporum*, *F. graminearum*, *Rhizoctonia* sp. e *Sclerotinia* sp.) e produção de catalase *in vitro*. Essa pesquisa visou identificar isolados promissores que possam servir de base para futuros estudos e aplicações na agricultura.

Material e Métodos

Isolamento

Amostras de solo foram coletadas em locais com características edafoclimáticas distintas: restinga (Florianópolis – SC), área de mata (São Pedro de Alcântara – SC, Rio Rufino -SC e Padre Bernardo - GO), área de lavoura de feijão (São Pedro de Alcântara) e pastagem (São Bonifácio – SC e Rio Rufino - SC. O solo foi coletado nos 5 primeiros centímetros de profundidade, onde há um acúmulo de matéria orgânica.

Tabela 1. Local de coleta das amostras de solo para isolamento.

Local	Ambiente	Coordenada Geográfica
Florianópolis/SC	Restinga	27°36'33"S 48°27'19"W
São Pedro de Alcântara/SC	Área de mata	27°35'46"S 48°52'04"W
São Pedro de Alcântara/SC	Lavoura de feijão	27°35'46"S 48°52'02"W
Rio Rufino/SC	Área de mata	27°55'21"S 49°47'15"W
Rio Rufino/SC	Pastagem	27°55'13"S 49°47'23"W
São Bonifácio	Pastagem	27° 54 '05 "S 48° 55' 45"O
Padre Bernardo/GO	Área de mata	15°12'38.96"S 48°26'55.05"O

De forma a obter os isolados microbianos desejados, foi necessário fazer uma diluição seriada do solo. Para isto, 1 g de amostra de cada local foi diluído de 10^1 até a 10^5 em solução salina (água destilada e cloreto de sódio a 0,85%). Posteriormente, as diluições foram plaqueadas em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) com 0,1 g/L de rosa bengala e 0,1 g/L de cloranfenicol. O cloranfenicol reduz a presença de bactérias (antibiótico) e o Rosa Bengala retardar o crescimento fúngico (fungistático) (GOMES; AUER, 2004; SANTOS, 2018).

O crescimento dos microrganismos das placas foi acompanhado durante 3 semanas, e indivíduos com as características do gênero *Trichoderma* (rápido crescimento e colônias de coloração inicialmente brancas com posterior formação de esporos verdes, além das microestruturas e conidióforos característicos do gênero) foram isolados e repicados em meio BDA com o auxílio de agulha e alça de platina. A identificação morfológica foi feita com base no manual de Barnett e Hunter (1998).

Suspensão de esporos

A multiplicação dos isolados de *Trichoderma* para a produção de esporos foi realizada em meio fubá (17 g/L de fubá fino; 2 g/L de glicose; 3 g/L de sacarose; 1 g/L de extrato de levedura e 15 g/L de ágar), por 3 semanas em uma temperatura de 25 °C e com fotoperíodo de 12 horas.

Para o preparo da suspensão de esporos seguiu-se a metodologia de Salustiano et al. (2008). Para isto, 10 mL de solução de Tween 80 a 0,05% foi depositada sobre as placas com os isolados já esporulados e, posteriormente, esfregando a alça de Drigalsky com movimentos leves, foi efetuado a extração dos esporos da placa. Seguidamente, a suspensão de esporos foi coletada com uma pipeta e transferida para um tubo tipo Falcon de 15 mL estéril. Essa suspensão de esporos foi filtrada em uma dupla camada de gaze depositada dentro de um funil de vidro (todo o conjunto foi previamente esterilizado), para a remoção das hifas e resíduos de meio de cultura. O número de esporos das suspensões foi quantificado com uma câmara de Neubauer, e posteriormente corrigidas para a concentração de 1×10^7 esporos/mL.

Testes de antagonismo

Foram efetuados testes de antagonismo para quatro patógenos: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia* sp. e *Sclerotinia* sp. Os patógenos foram isolados de diferentes culturas, sendo a *Sclerotinia* sp. isolada de plantas de feijão, causando mofo branco; a *Rhizoctonia* sp. isolada da soja, causando rhizoctoniose; o *Fusarium oxysporum*, isolado de plantas de tabaco, causando murcha de fusarium; e o *Fusarium graminearum* isolado de espigas de trigo, causando a conhecida fusariose ou giberela da espiga. Todos os patógenos utilizados vieram da micoteca do laboratório de microbiologia do Núcleo Ressacada de Pesquisas em Meio Ambiente (REMA).

Os testes de antagonismo foram realizados em placas de petri com 90 mm de diâmetro e meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA). Antes dos testes de antagonismo, os patógenos foram cultivados por duas semanas e os antagonistas cultivados por uma semana, ambos em BDA, com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12h.

Para os testes de antagonismo, o método empregado foi de Corder & Melo (1998), no qual um disco de micélio com o patógeno foi depositado na placa de petri à 1 cm da borda e, após dois dias, um disco de micélio com o isolado de *Trichoderma* (antagonista) foi depositado no lado oposto da placa, à 1 cm da borda. Os testes de antagonismo foram conduzidos por sete dias à 25 °C e sem fotoperíodo.

A determinação do crescimento dos patógenos foi efetuada através do software Image J (versão 1.8.0). A percentagem de inibição dos patógenos pelo *Trichoderma* spp. foi calculado utilizando a fórmula de Edington et al. (1971):

$$I = [(CFC - CFT) / CFC] \times 100$$

Onde: I = porcentagem de inibição; CFC = crescimento do fungo no controle (centímetros quadrados); CFT = crescimento do fungo no tratamento (centímetros quadrados).

Solubilização de fosfato de cálcio

A metodologia adotada neste estudo segue os protocolos estabelecidos por Nautiyal (1999), empregando o meio de cultura Pikovskaya (PVK). O procedimento de preparação do meio PVK requer o preparo prévio de duas soluções distintas, que posteriormente são combinadas. Este procedimento previne a precipitação indesejada de fosfato de cálcio. Inicialmente, preparou-se uma solução contendo fosfato de cálcio, dissolvendo 5 g deste composto em 100 mL de água destilada estéril. Paralelamente, a segunda solução constituinte do meio PVK foi preparada, incorporando os seguintes reagentes em 900 mL de água destilada: glicose (10 g), sulfato de amônio (0,5 g), cloreto de sódio (0,2 g), sulfato de magnésio hepta hidratado (0,1 g), cloreto de potássio (0,2 g), extrato de levedura (0,5 g), sulfato de manganês mono-hidratado (0,002 g) e sulfato de ferro hepta-hidratado (0,002 g). Após a dissolução dos componentes, o pH da solução foi ajustado para 7,0 e adicionado 15 g de ágar bacteriológico. Ambas as soluções foram esterilizadas em autoclave, separadamente. Na sequência, os 100 mL da solução de fosfato de cálcio foram integrados aos 900 mL da mistura previamente preparada, formando o meio de cultura PVK, que foi distribuído em placas de Petri, cada uma recebendo 15 mL do meio.

No experimento de solubilização de fosfato, 10 µL da suspensão de esporos de cada isolado (concentração de 1×10^7 esporos/mL) foram inoculados no centro de cada placa. O acompanhamento foi realizado diariamente por um período de nove dias após a inoculação, até a completa colonização das placas pelos isolados. Este monitoramento visou observar a formação de halos de solubilização ao redor dos isolados. No total, foram preparadas três placas por isolado, resultando em 81 placas (27 isolados multiplicados por 3 repetições) para a análise.

Produção de catalase

A avaliação da atividade da catalase nos isolados microbiológicos foi realizada conforme a metodologia proposta por Millan et al. (2020). Essa técnica baseia-se na detecção de liberação de oxigênio (bolhas) resultante da reação enzimática da catalase com peróxido de hidrogênio (H_2O_2). No procedimento experimental, 20 mL de uma solução de H_2O_2 a 3% foram cuidadosamente vertidos em um béquer. Em seguida, um disco contendo micélio de

cada isolado foi introduzido na solução. A presença de catalase é indicada pela observação imediata de bolhas, decorrente da decomposição do peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e água.

É importante ressaltar que esta análise é de natureza qualitativa, permitindo determinar a presença ou ausência de produção catalase pelos isolados. Contudo, ela não oferece uma base para comparações quantitativas da atividade enzimática entre diferentes isolados. A geração de bolhas é um indicativo positivo para a presença da enzima catalase, enquanto a ausência sugere a não produção desta enzima pelo microrganismo analisado.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variâncias (Bartlett), posteriormente ao teste de ANOVA e separação de médias por Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises e os gráficos foram executados utilizando Software R 4.3.1 (R Core Team, 2022) e o pacote AgroR (SHIMIZU et al., 2023).

Resultados e discussão

Neste estudo, um total de 25 isolados de *Trichoderma* spp. foram obtidos de diversos ecossistemas: 3 isolados de restingas em Florianópolis (SC), 4 isolados de áreas de mata em São Pedro de Alcântara (SC), 6 isolados de lavouras de feijão em São Pedro de Alcântara (SC), 3 isolados de áreas de mata em Padre Bernardo (GO), 2 isolados de pastagens em São Bonifácio (SC), 3 isolados de pastagens em Rio Rufino (SC) e 4 isolados de áreas de mata em Rio Rufino (SC). Para fins comparativos, dois isolados de *Trichoderma harzianum* utilizados em produtos comerciais (IBLF 006 e ESALQ 1306) foram empregados como controles positivos.

Os resultados demonstraram que todos os isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram produção de catalase, um achado que está em consonância com os estudos de Samia et al. (2023), onde os 10 isolados de *Trichoderma* testados também exibiram produção dessa enzima. Em contrapartida, no que se refere à solubilização de fosfato de cálcio, nenhum isolado mostrou formação de halo de solubilização, indicando a inexistência da capacidade solubilizadora de fosfato de cálcio sob as condições metodológicas aplicadas.

No aspecto do controle de patógenos, foi constatado que todos os isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram algum nível de eficácia no controle dos patógenos avaliados. Especificamente contra *Fusarium oxysporum* (Figura 1) e *Rhizoctonia* sp. (Figura 2), todos

os isolados demonstraram capacidade de controle, sem diferenças estatísticas significativas entre eles, evidenciando um potencial uniforme de controle biológico por parte dos isolados de *Trichoderma spp.* contra estes patógenos.

Figura 1 - Efeito dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Fusarium oxysporum* *in vitro*. *Trichoderma harzianum* IBLF006 e *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306 foram utilizados como controles positivos. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

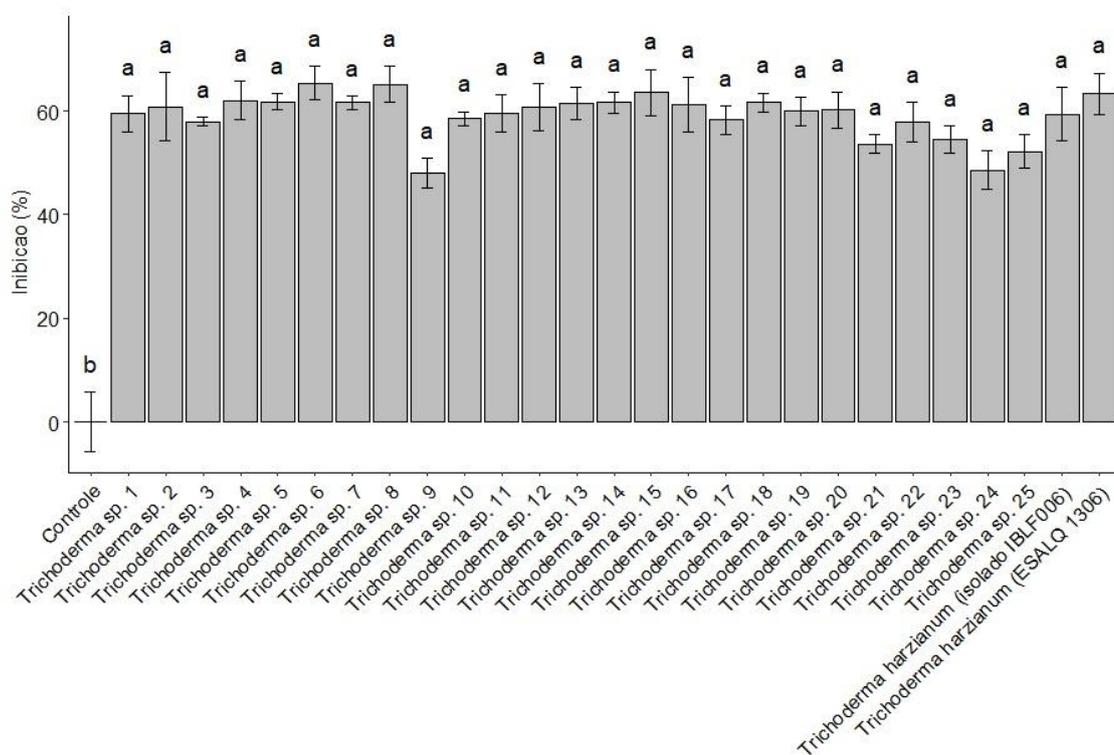
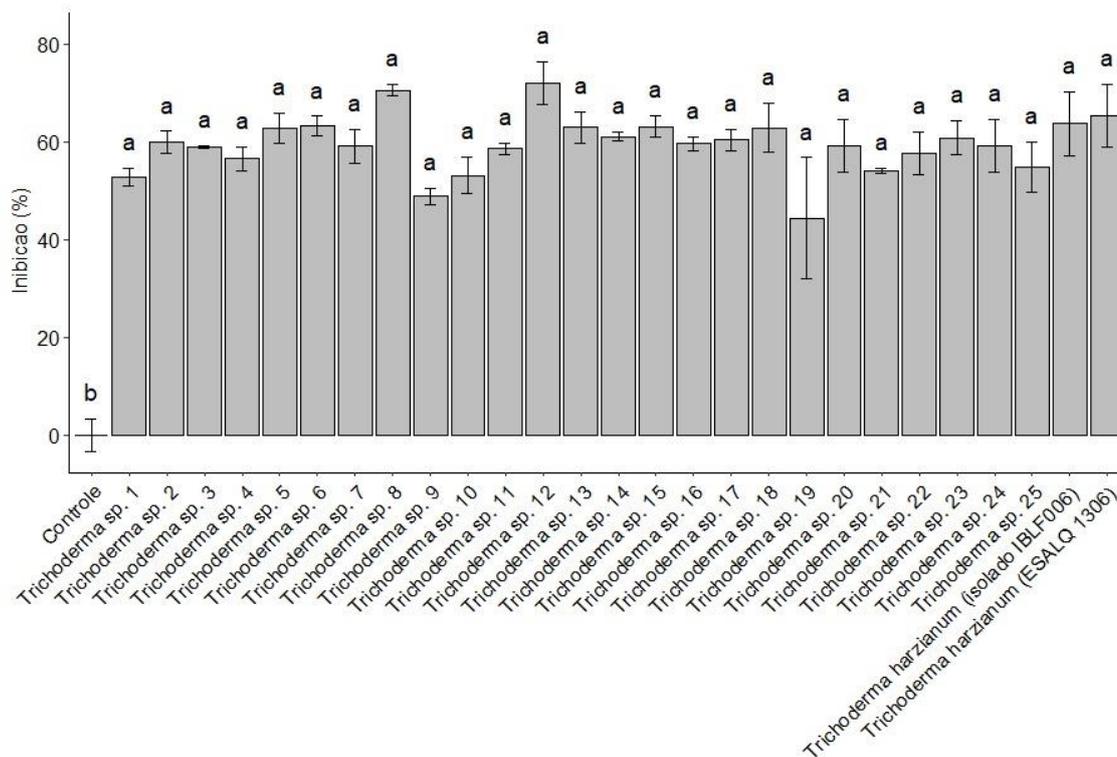
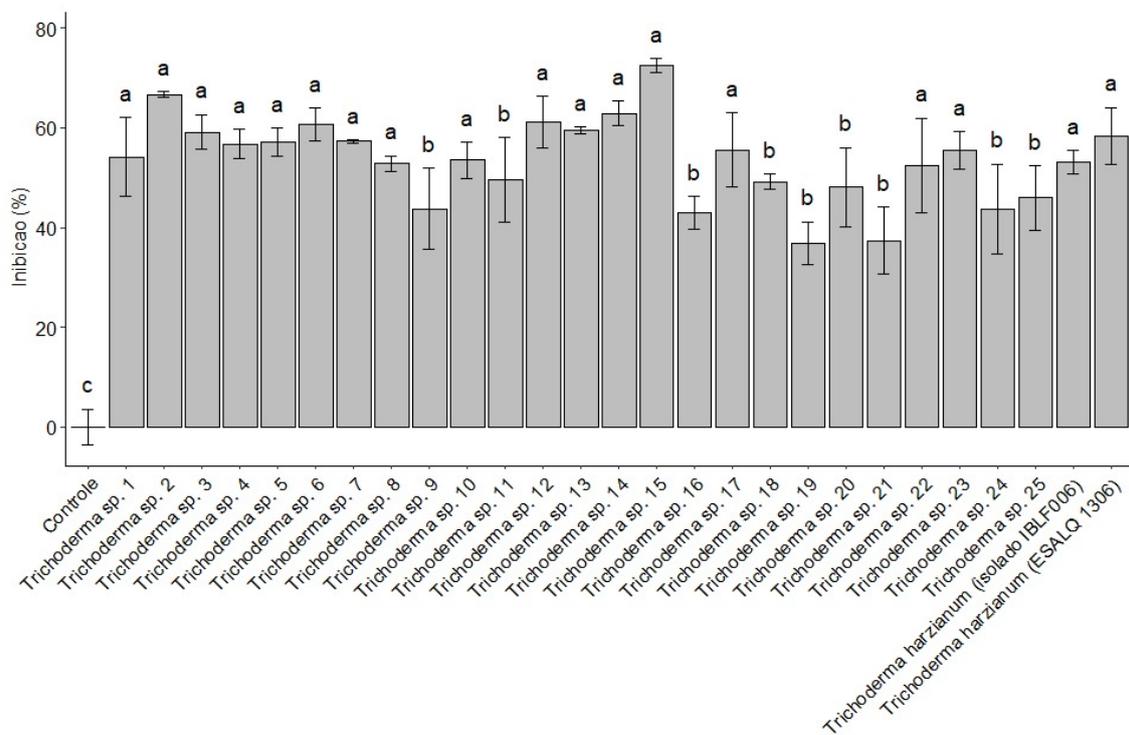


Figura 2 - Efeito dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Rhizoctonia* sp. *in vitro*. *Trichoderma harzianum* IBLF006 e *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306 foram utilizados como controles positivos. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Em relação ao patógeno *Fusarium graminearum*, observou-se que todos os isolados de *Trichoderma spp.* foram capazes de exercer controle sobre este agente patogênico. No entanto, análises estatísticas revelaram diferenças significativas entre os isolados quanto à eficácia desse controle. Os isolados *Trichoderma harzianum* (IBLF 006), *Trichoderma harzianum* (ESALQ 1306), *Trichoderma spp.* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 22, 23, não apresentaram diferença estatística entre si, mas promoveram uma inibição estatisticamente superior àquela promovida pelos isolados *Trichoderma spp.* 9, 11, 16, 18, 19, 20, 21, 24 e 25, os quais não apresentaram diferença estatística entre si, mas diferiram do controle (sem *Trichoderma*). Este resultado indica uma variação na capacidade de controle biológico entre os diferentes isolados de *Trichoderma spp.* contra *Fusarium graminearum*, sugerindo a existência de uma gama de mecanismos de ação ou níveis de eficácia entre esses isolados.

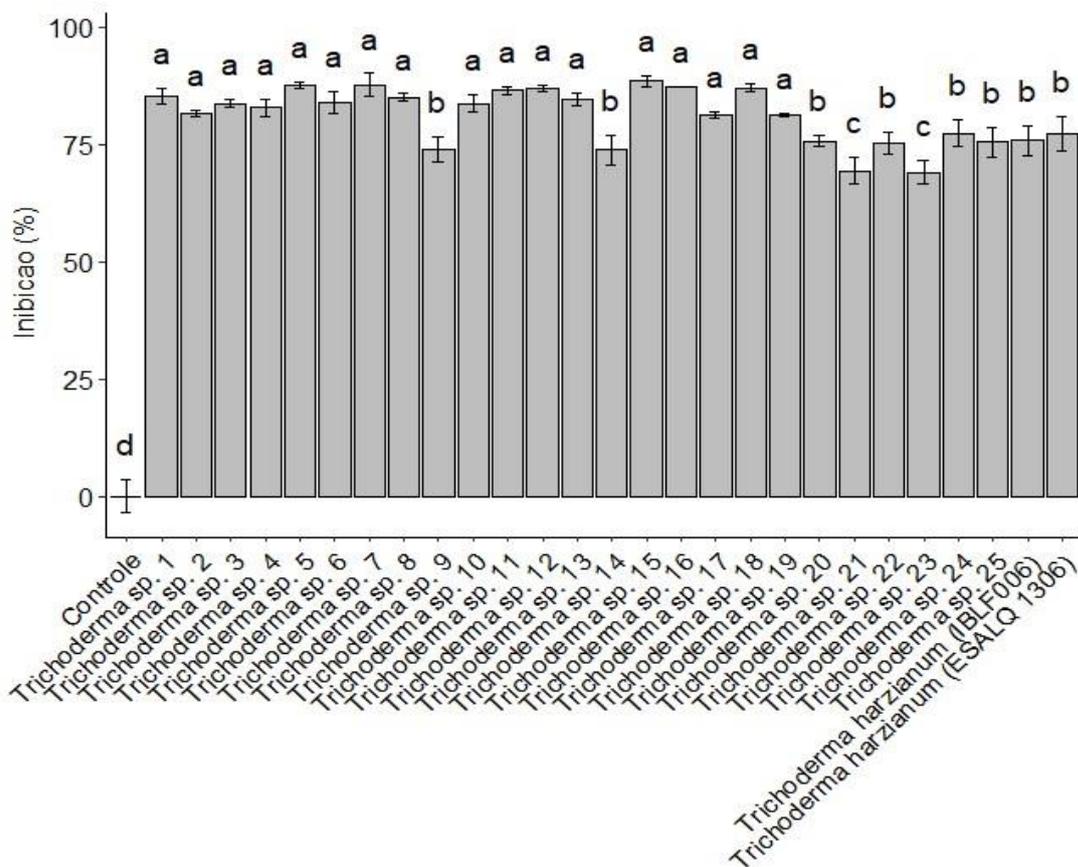
Figura 3 - Efeito dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Fusarium graminearum* *in vitro*. *Trichoderma harzianum* IBLF006 e *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306 foram utilizados como controles positivos. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



No estudo voltado para o controle do patógeno *Sclerotinia* sp., todos os 25 isolados de *Trichoderma* spp. demonstraram capacidade de controle. Análises estatísticas revelaram diferenças significativas na eficácia de controle entre os isolados. Especificamente, os isolados *Trichoderma* spp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18 e 19 exibiram uma eficácia de controle estatisticamente superior em comparação aos demais isolados, incluindo aqueles já utilizados em produtos comerciais.

Por outro lado, os isolados *Trichoderma harzianum* IBLF 006 e ESALQ 1306, juntamente com *Trichoderma* spp. 9, 14, 20, 22, 24 e 25, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si em termos de eficácia de controle. No entanto, estes foram estatisticamente superiores aos isolados *Trichoderma* spp. 21 e 23. Este conjunto de resultados sugere uma variabilidade na eficiência de controle de *Sclerotinia* sp. entre os diferentes isolados de *Trichoderma* spp.

Figura 4 - Efeito dos isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento de *Sclerotinia* sp. *in vitro*. *Trichoderma harzianum* IBLF006 e *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306 foram utilizados como controles positivos. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Os resultados indicaram que todos os isolados foram capazes de controlar efetivamente os 4 patógenos testados. No entanto, análises estatísticas apontaram diferenças significativas na eficácia de controle entre os isolados, particularmente para *Fusarium graminearum* e *Sclerotinia* sp. Em relação ao controle de *Fusarium graminearum* e *Sclerotinia* sp., 18 e 17 isolados, respectivamente, mostraram-se particularmente eficazes, destacando-se em comparação com os demais.

Esses resultados sublinham a capacidade dos isolados de *Trichoderma* spp. em fornecer um controle biológico efetivo contra uma ampla gama de patógenos, e também revelam a existência de variações na eficácia de controle entre os diferentes isolados para certos patógenos específicos.

Tabela 2. Inibição percentual dos patógenos pelos isolados de *Trichoderma* spp. isolados de ambientes com condições edafoclimáticas distintas comparativamente aos isolados referência *Trichoderma harzianum* IBLF006 e ESALQ 1306.

Isolado	<i>F. graminearum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Sclerotinia</i> sp.	Média de inibição do isolado
<i>Trichoderma</i> sp. 15	72,47%	55,09%	67,45%	86,83%	70,46%
<i>Trichoderma</i> sp. 12	61,07%	55,98%	78,25%	86,03%	70,33%
<i>Trichoderma</i> sp. 13	59,52%	66,95%	68,34%	83,10%	69,48%
<i>Trichoderma</i> sp. 2	66,64%	73,83%	55,61%	81,09%	69,29%
<i>Trichoderma</i> sp. 8	52,86%	70,81%	69,90%	83,57%	69,28%
<i>Trichoderma</i> sp. 7	57,28%	63,83%	64,98%	85,18%	67,82%
<i>Trichoderma</i> sp. 6	60,64%	59,18%	66,19%	81,16%	66,79%
<i>Trichoderma</i> sp. 17	55,57%	63,78%	64,65%	81,67%	66,42%
<i>Trichoderma</i> sp. 14	62,85%	58,97%	61,81%	80,20%	65,96%
<i>Trichoderma</i> sp. 18	49,19%	63,75%	64,27%	85,75%	65,74%
<i>Trichoderma</i> sp. 3	59,11%	58,88%	59,33%	85,44%	65,69%
<i>Trichoderma</i> sp. 22	52,49%	64,41%	65,56%	79,82%	65,57%
<i>Trichoderma harzianum</i> (ESALQ 1306)	58,37%	57,81%	61,27%	84,25%	65,43%
<i>Trichoderma</i> sp. 11	49,52%	64,79%	58,86%	88,25%	65,36%
<i>Trichoderma</i> sp. 5	57,11%	58,86%	56,86%	88,44%	65,32%
<i>Trichoderma</i> sp. 20	48,06%	66,34%	67,71%	77,13%	64,81%
<i>Trichoderma</i> sp. 1	54,17%	65,21%	51,53%	86,28%	64,30%
<i>Trichoderma</i> sp. 4	56,75%	61,21%	55,58%	83,63%	64,29%
<i>Trichoderma</i> sp. 16	42,97%	63,16%	59,00%	87,26%	63,10%
<i>Trichoderma</i> sp. 10	53,51%	56,92%	59,49%	80,82%	62,69%
<i>Trichoderma harzianum</i> (isolado IBLF006)	53,03%	53,84%	63,35%	79,68%	62,48%
<i>Trichoderma</i> sp. 24	43,70%	50,37%	49,83%	83,00%	56,72%
<i>Trichoderma</i> sp. 23	55,44%	50,50%	54,60%	64,20%	56,18%
<i>Trichoderma</i> sp. 9	43,78%	47,59%	51,90%	78,42%	55,42%
<i>Trichoderma</i> sp. 25	45,93%	46,99%	53,58%	70,31%	54,20%
<i>Trichoderma</i> sp. 21	37,31%	57,05%	52,99%	68,96%	54,08%
<i>Trichoderma</i> sp. 19	36,85%	55,69%	29,51%	81,31%	50,84%
Média de inibição por patógeno	53,56%	59,70%	59,72%	81,55%	

A tabela acima contém os valores de inibição dos patógenos pelos isolados de *Trichoderma* spp. Analisando a última coluna, constatou-se que a média de inibição por isolado foi considerável, variando entre 50,84% e 70,46%. Este dado indica que todos os isolados apresentaram uma eficácia notável no controle dos patógenos. Além disso, na

última linha da tabela, as médias de inibição dos patógenos também se mostraram elevadas, oscilando entre 53,56% e 81,55%, o que sugere um controle efetivo dos patógenos por parte dos isolados.

Todos os isolados foram capazes de controlar os quatro patógenos avaliados. O grau de inibição variou conforme o isolado e o patógeno, mesmo sob condições experimentais idênticas. A média de inibição dos patógenos pelos isolados foi de aproximadamente 63,31%, indicando que a inoculação de qualquer um dos isolados tende a inibir cerca de 63,31% do crescimento da colônia de qualquer um dos patógenos testados.

Estudos anteriores, como os de Gabardo et al. (2020) e Isaias et al. (2014), já demonstraram o efeito significativo de *Trichoderma* spp. na inibição de patógenos, corroborando os resultados encontrados neste estudo. A análise comparativa entre as inibições médias causadas pelos isolados sugere que o gênero *Trichoderma* não age de maneira seletiva, indicando uma possível inespecificidade na ação antagônica. A literatura aponta para a necessidade de mais estudos sobre os efeitos de *Trichoderma* spp. nas populações nativas do solo, dada a sua natureza altamente competitiva e agressiva em relação aos microrganismos patogênicos e possivelmente a outros indivíduos não patogênicos, podendo reduzir a presença de outros microrganismos benéficos (BERNARDO; AGUILERA; SILVA, 2019; FILHO et al., 2011). Alguns trabalhos, como os de Machado et al. (2011) e Chagas et al. (2018), sugerem o potencial de uso de *Trichoderma* spp. em conjunto com outros microrganismos, como rizóbios e *Bacillus*, indicando que produtos comerciais já estão explorando essas combinações (AGROFIT, 2023).

Apesar de diversos trabalhos demonstrarem o potencial das diferentes espécies de *Trichoderma* em solubilizar fósforo (destaque para o fosfato de cálcio) (SILVA, JÚNIOR, BERBARA; 2021; RIBAS et al., 2016), neste trabalho nenhum dos isolados conseguiu solubilizar tal elemento químico. Esta condição pode estar atrelada à metodologia utilizada (solução de esporos e meio PVK sólido). Alguns trabalhos utilizam metodologias distintas, obtendo resultados positivos para a solubilização. Alguns, inclusive, utilizam meio PVK ou NBRIP, ambos líquidos, sendo feita a quantificação da solubilização por método colorimétrico (RIBAS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2012). Quando utilizado meio líquido, há maior liberação de compostos que modificam o meio, como a liberação de ácidos (SOUCHIE et al., 2005), podendo afetar a solubilização.

A produção de catalase, enzima antioxidante importante na atenuação de estresses em plantas, foi observada em todos os isolados. É interessante que novos estudos sejam feitos para quantificar a produção desta enzima por estes isolados (GARCÍA-LIMONES, C., HERVÁS, A., NAVAS-CORTÉS, 2002; LU et al., 2017).

Em suma, este estudo detalhado sobre a eficácia dos isolados de *Trichoderma* spp. demonstra claramente sua notável capacidade em produzir catalase e controlar uma variedade de patógenos, apesar da falta de habilidade em solubilizar fosfato de cálcio. A variabilidade na eficácia de controle entre os isolados para certos patógenos, juntamente com a potencial inespecificidade de sua ação antagônica, destaca a complexidade e a necessidade de investigações adicionais para entender plenamente o impacto ambiental e agronômico desses microrganismos. Este estudo, portanto, não apenas contribui para o conhecimento existente sobre *Trichoderma* spp., mas também abre caminho para futuras pesquisas que explorem seu potencial no manejo sustentável de doenças de plantas e na promoção do crescimento vegetal.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que todos os isolados de *Trichoderma* spp. demonstraram a capacidade de produzir catalase e inibir eficazmente uma gama de patógenos, embora nenhum tenha exibido habilidade para solubilizar fosfato de cálcio. De forma notável, treze destes isolados se destacaram no controle de *Fusarium graminearum* e *Sclerotinia* sp., além de serem efetivos contra *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia* sp., equiparando-se aos demais isolados em termos de eficácia. Esses treze isolados destacam-se não apenas pelo controle biológico robusto, mas também pelo potencial em promover o crescimento vegetal, devido a produção de catalase que atua na mitigação de estresses. No entanto, para a aplicação prática dessas descobertas e a validação do potencial de promoção de crescimento destes isolados, é essencial a realização de testes em condições de casa de vegetação e campo juntamente com espécies vegetais. Estes resultados reforçam a importância dos isolados de *Trichoderma* spp. como ferramentas valiosas no manejo integrado de doenças de plantas, oferecendo perspectivas promissoras para práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

Referências

ALFIKY, A.; WEISSKOPF, L. Deciphering Trichoderma-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. **Journal of Fungi**. Basel, Switzerland. v. 7, n. 1, p. 61, 2021.

BACKMAN, P. A.; RODRIGUES-KABANA, R.; WILLIAMS, J. C. The effect of peanut leafspot fungicides on the nontarget pathogen: *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**. v. 65, p. 773-776. 1975.

BADER, A. N.; SALERNO, B. R.; COVACEVICH, F.; CONSOLO, V. F. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of King Saud University - Science**, v. 32, n. 1, p. 867–873, 2020.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364718308152>>.

BELO, M. F. R. F.; SOUZA, A. L. F. Estudo cinético da enzima catalase (E.C. 1.11.1.6) de extrato bruto de batata doce (*Ipomoea batatas*). **Scientia Plena**, v. 12, n. 7, 2016.

Disponível em: <<https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/2831>>.

BERNARDO, J. T.; AGUILERA, J. G.; SILVA, R.B.; VIAN, R.; NIELLA, G. R.; ULHOA, C. J.; MEDEIROS, I. R. D. Isolamento on farm de Trichoderma: uma ferramenta no controle de doenças de solo para os agricultores no Brasil. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**. v. 5, n. 3, p. 263–270. 2019. DOI: 10.21674/2448-0479.53.263-270.

Disponível em: <http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/2105>.

BONONI, L. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**. v. 10, n. 1. 2020.

Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-020-59793-8>>.

BUCHER C.A.; BUCHER, C. P. C.; ARAUJO, A. P.; SPERANDIO, M. V. L. Fósforo. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS L. A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 2ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 401-428. 2018.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; FILHO, M. R. C.; MILLER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; JUNIOR, A. F. C. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**. Palmas-TO, v. 3, n. 2. 2018.

Disponível em: <<https://doi.org/10.36725/agries.v3i2.430>>

CHOUHAN, G. K.; JAISWAL, D. K.; GAURAV, A. K.; MUKHERJEE, A.; VERMA, J. P. Capítulo 17 - PGPM as a potential bioinoculant for enhancing crop productivity under sustainable agriculture. In: A. RAKSHIT; V. S. MEENA; M. PARIHAR; H. B. SINGH; A. K. SINGH. **Biofertilizers**. p.221–237. 2021.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128216675000099>>

CORDER, M. P. M.; MELO, I. S. Antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. e *Verticillium dahliae*. **Scientia Agricola**. v. 55, p. 1–7. 1998.

Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/4xSwwkhzZHNfrgRn5MCDVJk/>>.

EDINGTON, L.V.; KHEW, K.L.; BARRON, G.L. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. **Phytopathology**. Saint Paul, v. 61, n. 1, p. 42-44, 1971.

FARDEAU, J. C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Fertilizer research**. v. 45, n. 2, p. 91–100, 1995.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00790658>>.

FILHO, J. A.; LUCON, C.; DUARTE, L.; CHAVES, A. L. R.; DONADELLI, A.; ALEXANDRE, M. A. V.; KANO, C. Efeito da aplicação de maravilha (*Mirabilis jalapa* L.), primavera (*Bougainvillea spectabilis* L.) e isolados de *Trichoderma* na produção de alface. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 13, n. spe, p. 612–618, 2011.

DOI: 10.1590/S1516-05722011000500018.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722011000500018&lng=pt&tlng=pt.

OLIVEIRA, A. G.; JUNIOR, A. F. C.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 7, n. 3, p. 26, 2012.

Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7419841>>

GABARDO, G.; PRIA, M. D.; PRESTES, A. M. C.; SILVA, H. L.. *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos in vitro / *Trichoderma asperellum* and *Bacillus subtilis* as antagonists in the growth of phytopathogenic fungi in vitro. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 8, p. 55870–55885, 12 ago. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-123.

Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/14663>.

GARCÍA-LIMONES, C.; HERVÁS, A.; COSTÉS, J. N.; DÍAZ, R. M. J.; TENA, M. Induction of an antioxidant enzyme system and other oxidative stress markers associated with compatible and incompatible interactions between chickpea (*Cicer arietinum* L.) and *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris, **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v. 61, n. 6, p. 325–337, dez. 2002.

DOI: 10.1006/pmpp.2003.0445.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0885576503904450>.

GAVA, C. A. T., MENEZES, M. E. L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43, p. 633–640, dez. 2012. DOI: 10.1590/S1806-66902012000400003.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/rRXVVpv7y7kSCGQgNWh9TgD/>.

GOMES, N. S. B.; AUER, C. G. Meio seletivo para *Armillaria* sp. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 3., 2004. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas. p. 007a-007c. (Embrapa Florestas. Documentos, 102). 2004.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; KUMAR, A.; VILLALOBOS, S. S.; COTA, F. I. P.; MOSQUEDA, M. C. O.; FADIJI, A. E.; HYDER, S.; BABALOLA, O. O.; SANTOYO, G. *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases–A Review.

Plants. Basel, Switzerland. v. 12, n. 3, p. 432, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36771517/>>.

ImageJ. Softonic. Disponível em: <https://imagej.softonic.com.br>

ISAIAS, C. O., MARTINS, I., SILVA, J. B. T.; SILVA, J. P.; MELLO, S. C. M. Ação antagonista e de metabólitos bioativos de *Trichoderma* spp. contra os patógenos *Sclerotium rolfsii* e *Verticillium dahliae*. **Summa Phytopathologica**. v. 40, p. 34–41, mar. 2014. DOI: 10.1590/S0100-54052014000100005.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/McsgynHvwMmYysbwGVnqvvw/?lang=pt>.

JUNIOR, M. L.; BRANDÃO, R. S.; CORRÊA, C. A.; GORGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; OLIVEIRA, P. **Uso de braquiárias para o manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo**. Comunicado técnico 183. EMBRAPA. 2009.

Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/662679>.

KASHYAP, P. L.; SOLANKY, M. K.; KUSHWAHA, P.; KUMAR, S.; SRIVASTAVA, A. K. Biocontrol Potential of Salt-Tolerant *Trichoderma* and *Hypocrea* Isolates for the Management of Tomato Root Rot Under Saline Environment. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v. 20, n. 1, p. 160–176, 2020.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s42729-019-00114-y>>.

LU, F.; LIANG, X.; LU, H.; LI, Q.; CHEN, Q.; ZHANG, P.; LI, K.; LIU, G.; YAN, W.; SONG, J.; DUAN, C.; ZHANG, L. Overproduction of superoxide dismutase and catalase confers cassava resistance to *Tetranychus cinnabarinus*. **Scientific Reports**. v. 7, n. 1, p. 40179, 5 jan. 2017. DOI: 10.1038/srep40179.

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep40179>.

MACHADO, R. G.; SÁ, E. L. S.; DAMASCENO, R. G.; HAHN, L.; ALMEIDA, D.; MORAES, T.; CAMARGO, F. A. O.; REARTES, D. S. Promoção de crescimento de *Lotus corniculatus* L. e *Avena strigosa* Schreb pela inoculação conjunta de *Trichoderma harzianum* e rizóbio. **Ciência e Natura**. v. 33, n. 2, p. 111–126, 2011.

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546360007>

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **AGROFIT**.

Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MILLAN; A. F.; FARRAN, I.; LARRAYA, L.; ANCIN, M.; ARREGUI, L. M.; VERAMENDI, J. Plant growth-promoting traits of yeasts isolated from Spanish vineyards: benefits for seedling development. **Microbiological Research**. v. 237, p. 126480, 1 ago. 2020.

DOI: 10.1016/j.micres.2020.126480.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501320303487>.

NAUTIYAL, C. S. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS microbiology letters**. v. 170, n. 1, p. 265–270. 1999. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x.

Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9919677/>>

QUAN, L.; ZHANG, B.; SHI, W. W.; LI, H. Y. Hydrogen Peroxide in Plants: a Versatile Molecule of the Reactive Oxygen Species Network. **Journal of Integrative Plant Biology**. v. 50, n. 1, p. 2–18, 2008.

Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7909.2007.00599.x>>.

RAMESH, A.; SHARMA, S. K.; JOSHI, O. P.; KHAN, I. R. Phytase, Phosphatase Activity and P-Nutrition of Soybean as Influenced by Inoculation of Bacillus. **Indian Journal of Microbiology**. v. 51, n. 1, p. 94–99, 2011.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12088-011-0104-7>>.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022.

Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>

RIBAS, P. P.; RECH, R.; MATSUMURA, A. T. S.; SAND, S. T. V. D. Potencial in vitro para solubilização de fosfato por *Trichoderma* spp. **Revista Brasileira De Biociências**. Porto Alegre, v. 14, n.2, p. 70-75.2016.

Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114682>>

SALUSTIANO, M. E.; POZZA, E. A.; FILHO, A. C. F.; BOTELHO, A. O. Variabilidade em dez populações de *Hemileia vastatrix* em relação à germinação e ao comprimento do tubo germinativo em quatro temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 32, p. 1651–1656, 2008.

Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/QnBZGHVNBvYZJy6FxzW3k8gs/?format=html&stop=next&lang=pt>>.

SANTOS, E. L. F. M. Degradação de Corantes Têxteis por Fungos Filamentosos Isolados do Planalto das Agulhas Negras – RJ. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2018.

SARAVANAKUMAR, K.; ARASU, V. S.; KATHIRESAN, K. Effect of Trichoderma on soil phosphate solubilization and growth improvement of *Avicennia marina*. **Aquatic Botany**. v. 104, p. 101–105, 2013.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304377012001374>>.

SHIMIZU, G.; MARUBAYASHI, R; GONCALVES, L. AgroR: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences. Versão 1.3.3. 2023.

Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=AgroR>

SILVA, L. C., JÚNIOR, O. J. S., BERBARA, R. L. L. Fungos endofíticos de raízes de cana-de-açúcar: Caracterização quanto a capacidade de solubilizar fosfato de cálcio in vitro". In: Semana Científica Johanna Döbereiner. **Anais...** 2021.

Disponível em: <http://www.ojs.cnpab.embrapa.br/index.php/scjd/article/view/3818>.

SILVA, S. G.; BUSATO, J. G.; PAULA, A. M. Characterisation of fusarium and trichoderma fungi strains isolated from kitchen waste composting piles. In: CLACS (Congresso Latino Americano de Ciência do Solo). **Anais...** 2023.

Disponível em: <<https://solosfloripa2023.com.br/evento/solos2023/trabalhosaprovados/naintegra/1378>>

SILVA, V. R.; VELOSO, L. L. S. A.; SILVA, A. A. R.; ARRUDA, T. F. L.; LACERDA, C. N.; DIAS, M. S.; SILVA, F. A.; SANTOS, L. F. S. Morfofisiologia de genótipos de algodoeiro sob estresse salino e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. **Pesquisa e inovação em sistemas agrícolas e ambientais**. Editora Itacaiúnas. Ananindeua. p. 7-16. 2022.

SOOD, M.; KAPOOR, D.; KUMAR, V.; SHETEIWY, M. S.; RAMAKRISHNAN, M.; LANDI, M.; ARANITI, F.; SHARMA, A. Trichoderma: The “Secrets” of a Multitalented Biocontrol Agent. **Plants**. v. 9, n. 6, p. 762, jun. 2020. DOI: 10.3390/plants9060762.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/762>.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; JÚNIOR, O. J. S.; SILVA, E. M. R. Solubilização de fosfatos em meios sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, n. 11, p. 1149–1152, nov. 2005. DOI: 10.1590/S0100-204X2005001100015.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005001100015&lng=pt&tlng=pt.

SOUZA, P. R. Caracterização química, física, microbiológica e estabelecimento de indicadores e índices de qualidade de solos sob cacaueiros nativos na Amazônia. 104 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.

Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1144>.

SWITALA, J.; LOEWEN, P. C. Diversity of properties among catalases. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v. 401, n. 2, p. 145–154, 2002.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003986102000498>>.

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; BOYCE, A. N. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability - A Review. **Molecules**. v. 21, n. 5, p. 573, 2016.

Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/21/5/573>>.