

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS NO CONTROLE DA PINTA PRETA
(*ASPERISPORIUM CARICAE*) IN VITRO**

CLÉCIA RAFAELA PEREIRA DA SILVA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
OUTUBRO – 2023**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS NO CONTROLE DA PINTA PRETA
(*ASPERISPORIUM CARICAE*) IN VITRO**

CLÉCIA RAFAELA PEREIRA DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Carlos Augusto Dórea Bragança

Coorientador 1: Tullio Raphael Pereira de Pádua

Coorientador 2: Aristóteles Pires de Matos

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

OUTUBRO – 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO DE CLÉCIA RAFAELA PEREIRA DA SILVA**

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS AUGUSTO DOREA BRAGANCA**
Data: 01/11/2023 14:10:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **LEILANE SILVEIRA D AVILA**
Data: 01/11/2023 15:05:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Leilane Silveira D'Ávila
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 **LENON LIMA DE SANTANA**
Data: 01/11/2023 14:18:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Lenon Lima de Santana
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Examinador 2

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
SETEMBRO – 2023**

Mãe, é para você, sempre será!

Mas também para Dinda, Tia Nea e Vó!

O meu melhor sempre será inteiro e
exclusivamente para vocês!

As senhoras que possibilitaram tudo isso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que na sua infinita misericórdia me amparou quando ninguém mais podia, e me concedeu sabedoria para trilhar todo esse caminho, suportando e enfrentando todos as adversidades, guiando-me e colocando pessoas maravilhosas em minha vida.

A Anailda, também conhecida como mamis, que faz o possível para me blindar de qualquer problema, que muitas vezes ignorou suas próprias dores para me consolar, em vários abdicou de seus interesses em detrimento dos meus. Me apoiou e encorajou sempre, na certeza de que tudo daria certo. Lembrando das vezes que veio atuar como doméstica, limpando, cozinhando e lavando, ainda que tivesse tantos outros afazeres. Palavras não seriam suficientes para expressar minha gratidão pelo seu amor, benevolência e cuidado.

Ao senhor Deijanilson, meu pai, por todo apoio inicial e incentivo, sabe oferecer as palavras de conforto em cada ocasião, sei que sempre deu o seu melhor, mesmo quando não pôde.

A minhas tias, Adineia (Tia Nea) e Perla (Dinda), pelos incentivos, estímulos e motivações, mesmo nos momentos mais difíceis nunca deixaram de amparar. Com suas experiências e palavras de sabedoria. Não podendo esquecer das muitas vezes que fizeram uma comida especial, mesmo quando era uma receita comum, para uma estudante cansada era o próprio “manjar dos deuses”.

A dona M^a da Conceição, “Voinha”, pelas palavras de carinho e ensinamentos, pelas vezes que veio me fazer companhia (mesmo que tenha ficado devendo outras visitas) e aproveitava para fazer as deliciosas “comidas de vó” que proporcionaram muitas alegrias junto com todas as histórias contadas, que agiram como “injeções” de ânimo.

Antônio (*in memoriam*), meu vô, que infelizmente não pôde vivenciar esse momento comigo daqui. Logo ao iniciar ficou feliz pela minha realização e pela possibilidade de conseguir reparar os eventuais problemas do seu sítio e que sempre me pedia mudas de *Citrus*.

Rafael (“Bê”), me encorajou a sempre perseverar (principalmente quando eu estava longe). Ainda que por muitas vezes tenha me estressado, querido irmão, você é muito importante para essa minha conquista.

Meu padrinho, Neto, sempre me dizendo as palavras certas para cada momento, de consolo e ou incentivo. Presente nas ocasiões que nem imaginei vivenciar e se mostraram tão complicadas, ainda assim, soube agir em meu socorro.

Guilherme, pequeno afilhado, mais do ninguém torceu para conclusão do curso e meu iminente retorno para casa (não houve uma única vez que falasse comigo que não perguntasse quando eu voltaria). Gui, finalmente acabou, estou voltando. Só não sei por quanto tempo (kkkk).

Aos meus queridos amigos, Jean, Irene, Rebeca e Rafael... Não temos certeza do caminho que nossas vidas seguirão, mas espero que sempre possamos nos reencontrar... A UFRB não teria sentido sem vocês. Obrigada por tudo, por suportarem (mesmo sabendo que foi um privilégio para vocês, brincadeira para interromper o fluxo das lágrimas kkkk) meus deboches e ironias, minhas críticas e meus desabaços. Mas também por todos os tempos de estudos, dores e sofrimentos. Nossos "rolês" aleatórios sempre me divertiram, até nossas brigas foram motivadoras (digo isso hoje, mas passei muita raiva, principalmente nos trabalhos em grupos).

Jean, minha dupla, tão chato como um irmão mais velho deve ser. O primeiro parceiro de atividades e que me explorou até o último (te odiei muito em junho deste ano), se eu acreditasse em outras vidas, diria que fomos irmãos em todas elas, mas como creio na vida eterna e você em nada disso, digamos que a vida conspirou para sermos amigos. Valeu pelos conselhos, ainda que eu não os seguisse nem concordasse com a maioria deles, por me explicar sempre os conteúdos, independentemente do horário, e por todas as recomendações.

Irene (Regina), minha "esteticista" preferida, parceira de casa, perrengues, compras e de idas à igreja desde o primeiro semestre. A jovem senhora das receitas, com quem dividi momentos icônicos e viagens aleatórias. Muitas vezes sendo o apoio necessário, seja com abraços, piadas, palavras motivacionais ou uma crítica.

Rebeca, a parceira dos rolês culturais, dos filmes na pandemia, das leituras e viagens literárias (me apresentou o mundo dos doramas), que foram "válvulas de escape" para toda tensão causada pela vida acadêmica. Quem me ajudou muito nas lutas da Embrapa, naquele telado quente.

Rafa, quem mais recebe memes no mundo, e quem mais me envia. Sempre tivemos ótimas reflexões sobre a vida e as pessoas que nos rodeiam, isso desde o primeiro semestre. Sempre some, mas sei que está a um meme de distância. Uma das pessoas mais companheiras e sensíveis que conheço. Obrigada por todas as mensagens, análises, trocas e risadas compartilhadas ao longo dessa jornada.

A Diana, companheira de casa, compras, festas, sufocos, micos, receitas culinárias e ultimamente de quarto. Quem ouviu minhas lamentações, indignações, dúvidas e anseios, sempre fazendo ótimas reflexões, e sempre me ajudou a achar os melhores modelos e fazia as coisas mais criativas no Canva. E nos momentos de estresse provocados pela UFRB e pela vida, nos solidarizávamos e comprávamos comida e assistíamos filmes.

A Abinailda, pelas aventuras e momentos de diversão compartilhados, e todas as dicas de estudos e para vida, que ajudaram a suportar o processo até aqui.

A Leandro, Lucas e Sinésio do laboratório de fitopatologia da Embrapa por todo suporte, imprescindíveis para realização desta pesquisa.

A Celeste, Liliane, Sidnara, João Carlos e Carla da equipe de mamão (e maracujá); Lucas, Tacísio, seu Edmundo, "Cata" e Edinho da equipe de abacaxi da Embrapa, que nunca mediram esforços para me auxiliar ao longo deste ano.

Aos pesquisadores Tullio e Aristóteles por todas as trocas de conhecimentos, incentivos e instruções no desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Carlos, pela orientação, compreensão e revisões, mesmo nos momentos de correria, quem me despertou para fitopatologia em suas aulas, embora eu as tenha assistido à distância.

Aos familiares, colegas e amigos (do IFBaiano) que participaram de cada etapa desse longo processo, aqueles que ficaram ou os que só passaram, deixaram sua marca escrita em parte da minha trajetória.

Aos professores, possibilitadores de tudo isso, sobretudo os que sempre nos motivaram, e estimularam a buscar sempre nosso desempenho pessoal e profissional e nunca desistir diante das dificuldades, incentivando principalmente com seu exemplo de profissionalismo, cito nominalmente alguns: "Albany", Ana Cristina Loyola, Carlos Augusto, Franceli, Júlio César, Leilane, Nielson, Oldair, Reginaldo, Tales, Yuri...

A UFRB, Embrapa Mandioca e Fruticultura e CNPq, por proporcionarem toda estrutura necessária para realização de sonhos, por provarem constantemente a importância da pesquisa, do ensino e da extensão.

Muito obrigada!!!

Os dias correm, somem
E com o tempo não vão voltar.
Só há uma chance pra viver.
Não perca a força, e o sonho
Não deixe nunca de acreditar
Que tudo vai acontecer.

(Eduardo Faro - Rosa de Saron)

RESUMO¹

AÇÃO DE MICRORGANISMOS NO CONTROLE DA PINTA PRETA (*ASPERISPORIUM CARICAE*) IN VITRO

A produção de mamão tem grande importância econômica para a fruticultura mundial, no cenário nacional se destacam os estados do Espírito Santo como maior produtor, em segundo a Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte. O cultivo de mamoeiro (*Carica papaya* L.) é amplamente difundido pelo país. No entanto, o clima tropical favorece a disseminação de doenças fúngicas, como a pinta preta do mamoeiro. Em função das perdas associadas à doença, são necessárias medidas de controle que diminuam os danos causados. Desse modo, o controle químico é o método mais utilizado, entretanto, em decorrência de seu uso indiscriminado, pode haver seleção de populações resistentes além do impacto ao meio ambiente e aos humanos. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a ação de diferentes microrganismos no controle do fungo *Asperisporium caricae*, causador da pinta preta do mamoeiro. A pesquisa foi realizada no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, utilizando uma cepa do *Trichoderma asperellum* e cinco bactérias do seu acervo, a BAC1; BR12157; BR12137; BR12158 e BSF66, utilizando o método de confronto direto em placas de Petri, para seleção dos antagonistas do *A. caricae*, realizando cinco avaliações em um período de trinta dias. No teste de esporulação do *A. caricae*, utilizou-se o meio de cultura BDA e nutriente ágar. Com isso, percebeu-se que as bactérias BR12137, BR12158 e BSF66 não apresentaram antibiose contra o fitopatógeno, por outro lado, a BAC1 e a BR12157 apresentaram ação inibitória, e o *T. asperellum* cresceu por toda placa, suprimindo o *A. caricae* completamente. Além disso, observou-se que o fitopatógeno não esporula facilmente em meio artificial, demorando um mês para começar, em nutriente ágar, no entanto não esporulou em meio BDA. Portanto, os microrganismos que inibiram o *A. caricae* em placas de Petri foram a BAC1, BR12157 e o *T. asperellum*, tendo o último melhor desempenho. Os bacteriano BAC1 e BR12157, assim como o *T. asperellum* são potenciais agentes para o controle da pinta preta do mamoeiro.

Palavras-chave: Mamoeiro; biocontrole; doença.

¹Monografia formatada de acordo com as normas da ABNT

ABSTRACT

ACTION OF MICROORGANISMS IN THE CONTROL OF BLACK SPOT (*ASPERISPORIUM CARICAE*) IN VITRO

Papaya production holds significant economic importance in global fruit farming, with the state of Espírito Santo being the leading producer in the national context, followed by Bahia, Ceará, and Rio Grande do Norte. The cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) is widely spread across the country. However, the tropical climate favors the spread of fungal diseases, such as papaya black spot. Due to the losses associated with this disease, control measures that reduce the damage are necessary. Consequently, chemical control is the most commonly used method; however, due to its indiscriminate use, it can lead to the selection of resistant populations and have adverse effects on the environment and human health. In this regard, the objective of this study was to evaluate the action of different microorganisms in controlling the fungus *Asperisporium caricae*, the causative agent of papaya black spot. The research was conducted in the Phytopathology laboratory of Embrapa Cassava and Fruit, using a strain of *Trichoderma asperellum* and five bacteria from its collection, namely BAC1, BR12157, BR12137, BR12158, and BSF66, employing the direct confrontation method on Petri dishes to select antagonists of *A. caricae*. Five assessments were conducted over a thirty-day period. For the *A. caricae* sporulation test, the BDA culture medium and nutrient agar were used. It was observed that the bacteria BR12137, BR12158, and BSF66 did not exhibit antagonism against the phytopathogen. On the other hand, BAC1 and BR12157 showed inhibitory action, and *T. asperellum* grew across the entire plate, completely suppressing *A. caricae*. Furthermore, it was observed that the phytopathogen did not readily sporulate in artificial media, taking a month to start sporulating in nutrient agar, but it did not sporulate in BDA medium. Therefore, the microorganisms that inhibited *A. caricae* on Petri dishes were BAC1, BR12157, and *T. asperellum*, with the latter performing better. Bacteria BAC1 and BR12157, as well as *T. asperellum*, are potential agents for the control of papaya black spot.

Keywords: Papaya; biocontrol; disease.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	16
RESUMO ¹	21
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO GERAL.....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Descrição da espécie <i>Carica papaya</i> L.	15
3.1.1 Principais doenças fúngicas do mamoeiro	17
3.1.2 Caracterização da pinta preta do mamoeiro.....	19
3.1.3 Caracterização do <i>Asperisporium caricae</i>	20
3.1.4 Controle da pinta preta.....	21
3.2. Agentes de biocontrole	22
3.2.1. <i>Bacillus</i> spp.....	22
3.2.2. <i>Pseudomonas</i> spp.....	23
3.2.3. <i>Streptomyces</i> spp.....	24
3.2.4. <i>Trichoderma</i> sp.....	25
4. METODOLOGIA	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6. CONCLUSÃO	36
7. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro, *Carica papaya* L., família Caricaceae, é uma das frutíferas tropicais amplamente cultivada em vários países, com destaque para Índia, Brasil, Indonésia, República Dominicana, México, e Nigéria, que juntos contribuem com cerca de 79% de toda produção mundial (FAO, 2021). No cenário nacional, os estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte totalizam, aproximadamente 86% da produção nacional (IBGE, 2022).

Tendo em vista que o mamoeiro seja de grande relevância para economia, um dos mais importantes fatores limitantes ao aumento da produção é a ocorrência de doenças. Entre as fúngicas de maior importância destaca-se a pinta preta ou varíola, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, que infecta tanto folhas como em frutos, além dela, podem ocorrer a mancha de corynespora, a antracnose, a mancha chocolate e a podridão peduncular (Kuhlcamp, 2022).

A pinta preta caracteriza-se pelo desenvolvimento de lesões esbranquiçadas salientes nos frutos desvalorizando-os comercialmente e por ocasionar perda da área foliar fotossintetizante (Martins *et al.*, 2014), devido ao aparecimento de lesões nas faces adaxial e abaxial das folhas (Kuhlcamp, 2022).

O fungo patogênico ataca especificamente espécies do gênero *Carica*, sendo considerado um dos mais severos causadores de doenças foliares, presente no Brasil, Estados Unidos e norte da África (Santos Filho *et al.*, 2007). Prejudica consideravelmente o desenvolvimento da planta quando tem alta severidade da doença nas folhas novas (Ventura *et al.*, 2003). O manejo convencional é por meio do controle químico, com consequente aumentos nos custos de produção e potencialmente prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana, além do risco de possibilitar a seleção de isolados do patógeno resistente às substâncias químicas usadas (Rodrigues *et al.*, 2018).

Levando em conta a distribuição da cultura por todo país, o surgimento e disseminação de problemas fitopatogênicos que influenciam negativamente a produtividade, associados aos problemas potenciais decorrentes do uso intensivo e

indiscriminado de controle químico, e sabendo da importância do controle de doenças para desenvolvimento, manutenção, produção e qualidade da espécie cultivada, surge a necessidade de utilizar uma alternativa de baixo impacto, eficiente e viável para o controle do fitopatógeno.

Por isso, estudos que demonstrem os mecanismos de ação, o comportamento e as interações envolvidas entre os agentes de biocontrole, patógenos, plantas e ambiente são essenciais para definir um manejo fitossanitário adequado. Neste sentido, é possível a utilização de microrganismos, bactérias e fungos, como alternativa eficaz para o controle do fungo *A. caricae*.

Com isso, o presente estudo cujo objetivo é avaliar a ação de diferentes microrganismos no controle do fungo *Asperisporium caricae*, causador da pinta preta do mamoeiro pode contribuir para identificação de antagonistas do patógeno, além de embasar pesquisas futuras sanando problemas cotidianos.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a ação de diferentes microrganismos no controle do fungo *Asperisporium caricae*, causador da pinta preta do mamoeiro.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar o comportamento de microrganismos perante o patógeno *Asperisporium caricae*;

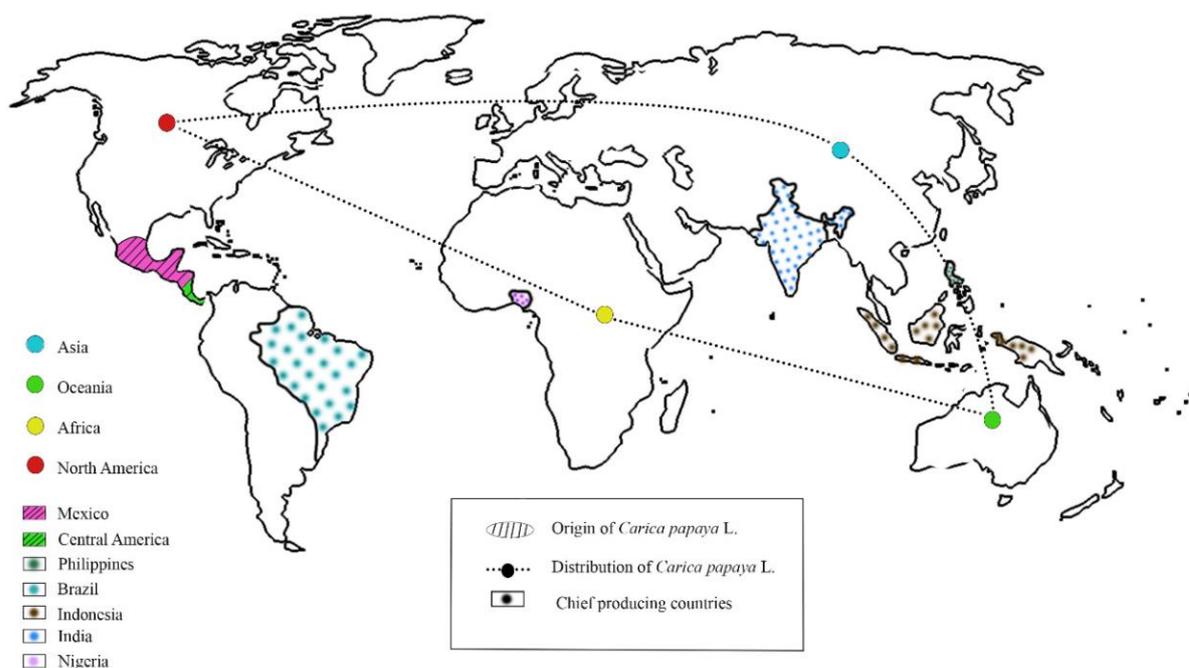
Testar meios de cultura para esporulação do *Asperisporium caricae*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Descrição da espécie *Carica papaya* L.

O mamoeiro é classificado como pertencente ao reino Plantae, divisão Angiospermae (atualmente Magnoliophyta), classe Dicotyledoneae (atualmente Magnoliopsidae), ordem das Violales, família Caricaceae, gênero *Carica*, espécie *Carica papaya* L., única espécie conhecida comercialmente. A espécie não tem um registro de origem definido, sendo descrita como originária do sul do México, das terras baixas da América Central Oriental e as Antilhas (Terra, 2009; Koul *et al.*, 2022), disseminada por diversos locais do mundo (Figura 1).

Figura 1: *C. papaya* pelo mundo: origem, disseminação e principais países produtores.



Fonte: KOUL *et al.*, 2022.

Pode ser classificado como perene, mas é cultivado como anual devido à redução dos anos produtivos de 1-2 anos devido à infestação de pragas e doenças (Da Silva, 2007). É caracterizado por apresentarem folhas de filotaxia espiralada e palmatilobadas (Martins; Carvalho, 2023), com grandes limbos foliares, de longos pecíolos e nervuras principais mais salientes na face abaxial (Da Costa; Pacova, 2003).

Conforme a forma sexual, o mamoeiro pode ser agrupado em dioico ou monoico, o primeiro consistindo em árvores femininas e masculinas, o último de árvores femininas e hermafroditas. No grupo hermafrodita, o pólen para fertilização das flores femininas é derivado das flores bissexuais das plantas hermafroditas (Da Silva, 2007).

As flores são brancas ou amareladas, com ovário unilocular, podem ser femininas, masculina ou hermafroditas (Martins; Carvalho, 2023), podem ser isoladas ou em inflorescências cimosas nas axilas das folhas. Plantas masculinas produzem inflorescências longas e pendentes de pedúnculo comprido com muitas flores cimosas e ovário estéril (Da Costa; Pacova, 2003), enquanto as femininas têm uma ou duas flores em cada axila da folha, com ausência de estames e um ovário grande com óvulos numerosos. As hermafroditas normalmente carregam uma ou várias flores bissexuais caracterizadas por um ovário alongado e fino (Da Silva, 2007).

Os frutos são carnosos do tipo baga, amarelo ou alaranjado quando maduros, e seu formato é determinado pelo tipo de flor (Martins; Carvalho, 2023). Os frutos das plantas femininas são redondos, enquanto os das hermafroditas são alongados. O tamanho varia de 5 cm de diâmetro e 50 g de peso a 50 cm ou mais, pesando 10 kg ou mais, são cobertos por uma casca verde fina e lisa que se torna amarela quando madura (Da Silva, 2007). As sementes são mucilaginosas e rugosas (Martins; Carvalho, 2023).

Salienta-se que a espécie *C. papaya* desenvolveu-se com diversas variedades de acordo com os seus centros de origem, por isso, apresenta variações de peso e tamanho de frutos (Alves, 2003). Suas variedades podem ser diferenciadas com base na estrutura da folha, formato estomático, número de nervuras centrais, número de lóbulos nas margens das folhas, revestimento de cera na superfície da folha e cor do pecíolo (Koul *et al.*, 2022).

De acordo com o tamanho e a origem dos frutos, os mamoeiros hermafroditas podem ser classificados em dois grupos, Solo e Formosa (Da Costa; Pacova, 2003). Os genótipos cultivados nas principais regiões produtoras são duas cultivares do grupo Solo (caracterizado por frutos pequenos, destinados sobretudo para

exportação), Golden e Sunrise solo, e do grupo Formosa (híbridos com frutos de tamanho maior, bem valorizado pelo mercado interno) as cultivares Calimosa e Tainung 01 (De Oliveira, 2015). O grupo de origem influencia também na suscetibilidade a doenças (Santos *et al*, 2009).

Considerando que o mamoeiro é cultivado há milhões de anos devido ao seu significativo valor comercial, nutracêutico e agrônômico (Koul *et al.*, 2022), muito popular e economicamente importante em países tropicais e subtropicais, é consumido mundialmente como fruta fresca ou como produto processado (Da Silva *et al*, 2007). Possui também considerável relevância social, por necessitar de renovação dos pomares de 3 em 3 anos, e produzir o ano inteiro, gera empregos e requer mão-de-obra durante todo o ano (Ritzinger; Souza, 2000).

Cerca de 13% da produção mundial é produzida no Brasil, ocupando a segunda posição no ranking dos principais países produtores, equivalente a uma produção de aproximadamente 1,6 milhões de toneladas da fruta (De Padua, 2019).

Entretanto, o sucesso produtivo do cultivo de mamão é limitado devido aos problemas fitossanitárias. Estudos mostram que a falta de controle das doenças ocasiona perdas de até 100% da produção (De Padua, 2019).

3.1.1 Principais doenças fúngicas do mamoeiro

A ampla distribuição da cultura pelo Brasil, o surgimento de problemas fitopatológicos, sobretudo doenças fúngicas, que desvalorizam a qualidade do fruto, reduzem a produtividade e a longevidade da cultura é cada vez mais comum. As doenças mais comuns são a pinta preta (*Asperisporium caricae*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), *Oidium caricae* e as podridões de *Phytophthora palmivora* (Oliveira *et al*, 2007).

Essas doenças podem afetar as folhas, ramos, raízes, flores e frutos do mamoeiro em diferentes etapas do seu desenvolvimento, considerando que as podridões fúngicas podem ocasionar a perda total da produção ou mesmo a morte generalizada das plantas no pomar (Da Costa; Pacova, 2003).

A antracnose é considerada a principal doença dos frutos do mamoeiro na maioria das regiões tropicais e subtropicais, pois os frutos atacados tornam-se impossíveis de serem comercializados e consumidos e, mesmo que os sintomas não sejam evidentes em campo, eles podem aparecer na fase de amadurecimento, transporte, embalagem e comercialização (Santos Filho *et al.*, 2007; Meissner Filho *et al.*, 2021).

O oídio do mamoeiro, descrito pela primeira vez no Brasil e depois reconhecido em variadas regiões tropicais e subtropicais, é uma doença que causa pequenos prejuízos, a não ser quando o ataque ocorre em plantas jovens no viveiro, ou em condições de temperaturas amenas e clima seco. Outra doença é a podridão preta (*Phoma caricae-papayae*) frequente nas regiões tropicais, causando sintomatologia variada em folhas, frutos, pedúnculo (pós-colheita) e tronco, pois o fungo coloniza folhas velhas e pecíolos, produzindo abundantes corpos de frutificação que servem de fonte de inóculo primário, no campo (Oliveira, 2011).

Outros problemas fitopatológicos causados por diferentes patógenos também são frequentes no cultivo do mamoeiro, como o estiolamento ou tombamento de mudas causado por *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp. O tombamento de mudas ocorre normalmente em viveiros e é causada por fungos de solo cuja etiologia varia de região para região, porém apresentam o mesmo quadro sintomatológico, como a morte das plantas em poucos dias, chegando a mais de 80% a quantidade de perdas (Silva *et al.*, 2007).

A pinta preta é uma doença muito comum, ainda que não cause prejuízos tão grandes como outras podridões, pelo fato de as manchas se limitarem à superfície dos frutos, o grande número de lesões causa mau aspecto e grande desvalorização comercial. As podridões causadas por *Phytophthora* ocasionam perdas enormes em frutos, sobretudo em períodos de chuvas intensas. As chuvas e altas temperaturas também podem resultar em severo declínio da planta e consequente morte devido a podridão de raízes em solos pesados e pouco drenados (Santos Filho *et al.*, 2007).

3.1.2 Caracterização da pinta preta do mamoeiro

A variola ou pinta preta, cujo agente causal é o fungo *Asperisporium caricae* (Speg) Maubl., é a doença mais comum do mamoeiro e mesmo que os prejuízos sejam menores em comparação com podridões, ocasiona manchas nas epidermes dos frutos e causa perda de área fotossintética, o que compromete o metabolismo da planta e resultando na diminuição da produção (Oliveira et al., 2007). Quando ocorre com grande severidade nas folhas, a doença pode afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente das mais novas. Nos frutos, onde provoca lesões de diferentes tamanhos, decorrente do grande número de lesões, a doença tem maior importância econômica, por causa da depreciação comercial (Ventura; Costa; Tatagiba, 2003; Martins et al., 2014),

Nas folhas em sua face superior, os sintomas característicos constituem-se de manchas necróticas arredondadas, claras, circundadas por um halo amarelado, enquanto na face abaxial, nas áreas correspondentes às manchas, observa-se o crescimento pulverulento do fungo, de coloração cinza a preta, e quando ocorre a coalescência das lesões, é comum provocar a senescência e desfolha das plantas. Vale ressaltar que as folhas jovens geralmente não apresentam sintomas (Rezende; Fancelli, 1997; Silva et al., 2007; Kuhlcamp, 2022). Alta severidade da doença provoca queda prematura das folhas, retardando o crescimento e diminuindo a vitalidade das plantas, além de que a queda de grande quantidade de folhas pode provocar queimaduras nos frutos, devido à exposição direta ao sol (Silva et al., 2007).

Inicialmente há nos frutos áreas circulares de aspecto aquoso, que de acordo o progresso da doença, ficam marrons, protuberantes, com pontuações esbranquiçadas (Costa; Martins, 2015). Tais lesões geralmente são superficiais, não atingindo o interior do fruto, ocasionando apenas a rigidez da casca na parte atingida, sendo que frutos podem ser infectados quando ainda verdes (Ventura; Costa; Tatagiba, 2003), cujas lesões têm coloração parda, já que os estromas, que são subepidérmicos, ainda não romperam os tecidos da folha para formar as lesões pretas (características que dão nome à doença) quando são liberados os esporos, entretanto essa lesões progridem rapidamente (Ritzinger; Souza, 2000). Tais lesões

nos frutos são porta de entrada para patógenos de pós-colheita causando prejuízos ainda maiores (Terra, 2009).

A maior intensidade da doença ocorre em condições de temperaturas entre 23 e 27 °C, com ventos fortes e elevadas precipitações pluviométricas. Essas condições favorecem o desenvolvimento das lesões e a dispersão dos esporos das folhas mais velhas, consideradas a principal fonte de inóculo. A penetração do fungo ocorre pelos estômatos e os sintomas iniciais são visíveis entre 8 e 10 dias após a inoculação (Holliday, 1980).

Buscando reduzir a fonte de inóculo, as folhas mais velhas com alta severidade da doença deve ser eliminadas, sendo que as pulverizações com fungicidas, a forma de controle mais utilizada para varíola, devem ser iniciadas logo que forem observados os primeiros sintomas da doença, quando as plantas ainda estão na fase inicial de crescimento. Os primeiros cinco meses depois do plantio, quando as plantas são mais suscetíveis, é também considerado período mais crítico para o controle da doença nas folhas. Com isso, a não realização de um controle eficiente da doença nas folhas, torna difícil o seu controle na fase de frutificação, causando grandes perdas na qualidade comercial da fruta (Ventura; Costa; Tatagiba, 2003).

3.1.3 Caracterização do *Asperisporium caricae*

O agente causal da varíola é o fungo *Asperisporium caricae* (Speg) Maubl., da classe Dothideomycetes, ordem Capnodiales, família Mycosphaerellaceae, que apresenta estroma subepidérmico, produzindo conidióforos curtos, em feixes onde se inserem conídios equinulados e bicelulares. Os conídios são marrom-escuro, com ou sem septo, de forma variada, e apresentam cicatriz na base, são formados no topo dos conidióforos fasciculados e, quando maduros, destacam-se deixando cicatrizes escuras (Holliday, 1980; Rezende; Fancelli, 1997; Da Silva, 2007).

A infecção ocorre geralmente na face inferior das folhas mais velhas, em que o fungo desenvolve frutificações pulverulentas que formam manchas pequenas, em geral menores do que 4 mm de diâmetro, circulares, de coloração escura. Nas áreas secas da folha, a lesão circular torna-se branca, diferenciando-se assim das lesões de antracnose (Silva *et al.*, 2007).

O fungo incita manchas em folhas e frutos levando a lesões necróticas, em que o nível de incidência varia em decorrência de diversos fatores, com destaque para a temperatura e a umidade (Silverio *et al.*, 2018). O patógeno sobrevive de um período a outro em folhas velhas, lesões antigas, frutos e partes afetadas que permanecem no solo. Em condições de umidade, o fungo pode formar esporos e disseminar-se pela ação da chuva ou respingos de orvalho, sendo levado para as partes verdes em desenvolvimento, germinando e penetrando nos pontos vulneráveis do mamoeiro (Oliveira *et al.*, 2007).

De modo geral, para reprodução artificial de fungos hifomicetos, os patógenos foliares cultiváveis esporulam *in vitro* em meios de decocção de vegetais e em meio V8 ou BDA, no período de 1 a 2 semanas, contudo, no caso de fungos do gênero *Asperisporium*, esse período pode variar de 3 semanas a 4 meses e meio (De Oliveira, 2015).

3.1.4 Controle da pinta preta

A principal forma de controle de doenças fúngicas no mamoeiro destaca-se o controle químico, através da utilização de fungicidas, (Kulhcamp, 2022), geralmente por meio de pulverizações, tal método representa 69,8% do controle, enquanto o controle biológico 25,6%, o controle físico 3,1), preventivo 0,7% e mecânico apenas 0,8% (Ventura, *et al.*, 2022)

Na plataforma AGROFIT (2023), há a relação dos 100 produtos registrados para controle da doença no Brasil, entretanto, os mecanismos de ação são limitados, sendo triazóis, estrobilurinas e benzimidazol, fungicidas sistêmicos que podem induzir resistência ao patógeno se não houver rotação de mecanismos, apenas o mancozebe, clorotolanil e o oxiclreto de cobre como não sistêmicos.

Salientando que a cultura do mamoeiro é sensível a doses elevadas de fungicidas, algumas podendo ocasionar fitotoxicidade nas folhas mais novas (Kulhcamp, 2022) sendo necessária a utilização de alternativas menos prejudiciais para o controle.

3.2. Agentes de biocontrole

A utilização de microrganismos para controle biológico de doenças de plantas está cada vez mais difundida pelo mundo. Neste sentido, o uso de bactérias e fungos como agentes de biocontrole de fitopatógenos tem se apresentado como uma alternativa em ascensão no manejo integrado de doenças (Lanna-Filho; Ferro; Pinho, 2010).

Em vista disso, o gênero de fungo mais usual é o *Trichoderma*, com ampla utilização na agricultura, e os gêneros de bactérias antagonistas são as *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp., *Pantoea* spp., *Serratia* spp. (Silva *et al.*, 2008; Cataño, 2022).

3.2.1. *Bacillus* spp.

O gênero *Bacillus* pertence ao Filo Firmicutes, que é composto por bactérias gram-positivas, aeróbicas e anaeróbicas facultativas, habitantes naturais da rizosfera de plantas (Fira *et al.* 2018). Sua capacidade de formar endósporos, estruturas de resistência, possibilita que o gênero tenha fácil adaptação quanto às variações de temperatura, radiação, de pH e estresses bióticos (Khedher; Mejdoub-Trabelsi; Tounsi, 2021).

A utilização de bactérias como antagonistas de fitopatógenos tem se mostrado uma opção crescente e assertiva, de modo geral, o gênero *Bacillus* spp. é destacado porque formam endósporo e possuem uma variedade de mecanismos antagonísticos, que possibilita a sua manutenção e sobrevivência. Desse modo, há muitos estudos utilizando *Bacillus subtilis*, que é habitante natural do solo, e pode colonizar todos os órgãos vegetativos da planta, sendo encontrada como epifítica, endofítica e rizobactéria (Lanna-Filho; Ferro; Pinho, 2010).

No que diz respeito à espécie *B. subtilis*, é excelente agente de biocontrole, podendo atuar como promotora de crescimento em plantas, bactérias epifíticas e endofíticas, pode ocupar nichos ecológicos distintos em associação com plantas, onde se multiplicam e sobrevivem (Silva, 2008). Têm capacidade de produzir mais

de 60 diferentes substâncias antibióticas (polipeptídios), muitas são antifúngicas (Phae; Shoda, 1991).

Sua relação antagônica contra fitopatógenos envolve os mecanismos de antibiose, competição, por lugar e alimento, produção de substâncias antimicrobianas e de metabólitos voláteis inclusive antifúngicos, além da sua ação como promotora de crescimento de plantas (Lanna-Filho; Ferro; Pinho, 2010). Isso porque o seu metabolismo secundário é diversificado, possuindo alta capacidade de produzir uma grande variedade de substâncias antagonistas estruturalmente diferentes (Fira *et al.*, 2018).

A antibiose, processo biológico em que cepas antagonistas podem produzir substâncias antimicrobianas com o objetivo de inibir ou matar potenciais patógenos, comum às bactérias do gênero *Bacillus*, as tornam produtoras excepcionais de muitos antimicrobianos diferentes (Fira *et al.*, 2018).

3.2.2. *Pseudomonas* spp.

O gênero *Pseudomonas* pertence à família Pseudomonadaceae, são bastonetes Gram-negativos aeróbicos, presentes na rizosfera e ambientes aquáticos, onde atuam na mineralização da matéria orgânica, adaptam-se em diferentes ambientes e substratos, com variabilidade no aproveitamento nutricional (Dos Santos, 2022).

Essas bactérias usam exsudatos radiculares e sintetizam uma variedade de metabólitos secundários como antibióticos e alcaloides, tóxicos para fitopatógenos. Também, algumas espécies, possuem capacidade de produzir compostos sideróforos que complexam o ferro rizosférico em baixas concentrações, privando e inibindo o crescimento de outros microrganismos como os fitopatógenos (Vieira Júnior *et al.*, 2013).

A espécie *Pseudomonas fluorescens*, classificada saprófita com forma de bastonete (bacilo) tem pigmento fluorescente (fluoresceína) que reage à luz ultravioleta, o que a torna facilmente visível, encontrada tanto em ambientes aquáticos quanto no solo (Álvarez-García; Santoyo; Rocha-Granados, 2020), se destaca por atuar benéficamente em associação com as plantas, promovendo seu

crescimento e solubilizando nutrientes presentes nos solos, além de apresentar potencial antagonista sobre fungos de solo (Dos Santos, 2022). Além disso, promove o crescimento das plantas e possui alta capacidade de adaptação e colonização a diferentes tipos de solos, estando associada a diversas espécies vegetais e sendo antagonista de diversos patógenos de solo (Álvarez-García; Santoyo; Rocha-Granados, 2020).

Cepas de *Pseudomonas* spp. suprimem o desenvolvimento de patógenos e apresentam altos percentuais de inibição devido à sua capacidade de produzir metabólitos de natureza antibiótica. Outro mecanismo muito eficiente de ação de *Pseudomonas* spp. é a indução de resistência sistêmica contra fitopatógenos (Álvarez-García; Santoyo, 2020).

Considerando a crescente utilização de microrganismo para controle de doenças de plantas, a existência de diversas espécies de *Pseudomonas* e seus diferentes modos de ação como a produção de antibióticos, resistência sistêmica induzida na planta e retenção de alguns componentes de patogenicidade de fungos, demonstram sua utilidade como agente de biocontrole e a importância do estabelecimento de rizobactérias em protocolos de aplicação sustentáveis e estratégias de manejo integrado (Vasquez-Basto *et al.*, 2023).

3.2.3. *Streptomyces* spp.

O gênero *Streptomyces* pertence ao filo Actinobacteria, bactérias Gram-positivas, família Streptomycetaceae, neutrofílicas, aeróbicas facultativas e produtoras de esporos, capazes de produzir diversos compostos bioativos, podendo interagir com a planta hospedeira conferindo-lhe vantagens como, promoção de crescimento e controle de doenças (García-Rojas, 2019). Possui grande potencial no biocontrole de fitopatógenos por causa de sua produção elevada de metabólitos secundário, como antibióticos, atividade enzimática e enzimas, que interferem no ciclo celular de fungos (Leiva-Piedra, 2019; Missau, 2022).

Espécies deste gênero são capazes de inibir o crescimento *in vitro* de bactérias e fungos por meio da produção de metabólitos secundários com atividade antimicrobiana, antibióticos e antifúngicos (García-Rojas, 2019). Conseguem inibir

ou reduzir a incidência de patógenos de plantas e conseqüentemente o desenvolvimento de doenças devido à compostos antifúngicos, enzimas hidrolíticas, importantes na lise das paredes das células fúngicas, por exemplo, as paredes celulares de *Fusarium oxysporum* e *Sclerotinia minor* (Leiva-Piedra, 2019).

Os mecanismos principais que conferem antagonismo ao gênero *Streptomyces* contra patógenos são competição por alimento e espaço, antibiose e parasitismo. Além de que, produzem sideróforos, geralmente sob condições limitantes de ferro para sequestrar menos ferro disponível do meio ambiente, com isso, privando um patógeno de ferro, pode causar sua inibição, inclusive os sideróforos também melhoram o crescimento das plantas (Pacios-Michelena, 2021).

O ciclo de vida consiste no crescimento vegetativo, formação de hifas aéreas e esporulação, começando com a germinação dos esporos, em que os tubos germinativos crescem estendendo as pontas das hifas e depois se ramificam, posteriormente, uma densa rede de células vegetativas forma o micélio vegetativo (Pacios-Michelena, 2021).

Desse modo, sua presença no solo é favorecida pelo crescimento micelial e pela capacidade de formar esporos, permitindo a permanência em condições extremas, além disso, a diversidade do seu metabolismo lhes permite colonizar diferentes habitats (Leiva-Piedra, 2019). A maioria dos *Streptomyces* são colonizadores da rizosfera, podendo também ser endófitos (Pacios-Michelena, 2021).

3.2.4. *Trichoderma* sp.

O gênero *Trichoderma* (Teleomorfo *Hypocrea*), pertence à ordem Hypocreales, família Hypocreaceae. São fungos de vida livre comuns no solo e nas raízes das plantas, são destaque pela sua capacidade de produzir uma variedade de substâncias antibióticas e por parasitar outros fungos, configurando-se assim como um dos mais importantes agentes de controle biológico (Harman *et al.*, 2004). Quando suas estruturas propagativas, como esporos, são adicionadas ao solo, elas entram em contato com as raízes das plantas e podem germinar e crescer nas superfícies das raízes, inclusive algumas cepas têm capacidade de infectar as poucas células radiculares externas. Na fase assexuada, a partir do micélio

vegetativo (conidióforos) são formados os conídios, que são unicelulares de coloração verde na maioria das espécies (Harman *et al.*, 2004).

O gênero é composto por fungos anamorfos (nome atribuído aqueles cuja reprodução sexual não é conhecida), descrito há 225 anos para classificar *Trichoderma viride*, decompositor de madeira que produzia massas de esporos verdes nos extremos das hifas (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019). São fungos filamentosos, de crescimento rápido e que produzem geralmente colônias de coloração verde, frequentemente encontrado em solos de regiões de clima temperado e tropical, associado às raízes das plantas e à matéria orgânica morta, ajudando na decomposição dos resíduos vegetais e animais por ser saprófita (Lucon, 2014).

As espécies mais comuns utilizadas como agentes de biocontrole são *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma stromaticum* e *Trichoderma viride* (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019). *T. asperellum* e *T. harzianum* possuem capacidade de hiperparasitar fungos fitopatogênicos e ou estabelecer interações benéficas na rizosfera de plantas cultivadas, sendo utilizadas em tratamento de sementes ou aplicados em áreas de cultivo para o biocontrole de doenças de plantas, além disso, está associado à promoção do crescimento vegetal (Ramada; Ulhoa, 2019).

Desse modo, no controle de fitopatógenos um ou mais mecanismos de ação podem ser utilizados ao mesmo tempo pelas espécies de *Trichoderma*. Esses mecanismos são competição, antibiose, parasitismo, indução de resistência e promoção de crescimento. Na competição o patógeno e o agente de biocontrole disputam para sobreviver, principalmente por alimento e espaço, podendo impedir que estruturas de infecção do patógeno atinjam a planta e cause danos. Na antibiose o antagonista produz uma ou mais substâncias que inibem o crescimento ou a reprodução do fitopatógeno no ambiente ou na planta. No parasitismo o antagonista se alimenta do fitopatógeno, enfraquecendo ou causando a sua morte (Lucon, 2014). Na indução de resistência, o sistema de defesa da planta é estimulado frente ao ataque de patógenos e condições edafoclimáticas adversas,

através dos processos de sinalização mediados por fitormônios (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019).

Nesse sentido, enzimas que degradam a parede celular, como quitinases e glucanases foram expressas nas interações de micoparasitismo. Essas enzimas degradadoras da parede celular de diferentes cepas de *Trichoderma* têm demonstrado sua eficácia, inibindo a germinação de esporos, o crescimento de hifas e o desenvolvimento de estruturas de resistência como escleródios e clamidósporos de um amplo número de fitopatógenos (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019).

O micoparasitismo envolve o crescimento trópico do antagonista contra fungos alvo, enrolamento de ligação das hifas de *Trichoderma* ao patógeno mediado por lectina e depois o ataque e dissolução da parede celular do fungo alvo pela ação de enzimas, que está associada à penetração física da parede celular, a quitinase (Yadav *et al.*, 2015).

Desse modo, a utilização de microrganismos para controle de doenças de plantas é uma alternativa relevante, levando em consideração a diversidade de microrganismos e suas relações antagônicas, como bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Streptomyces* (Lanna Filho; Ferro; Pinho, 2010), e fungo do gênero *Trichoderma* que possui alta capacidade de parasitar fungos fitopatogênicos como estratégia de nutrição biotrófica (Machado, 2012). Por isso, o biocontrole surge como medida relevante, necessitando de estudos para descobrir possíveis reações antagônicas dos agentes de biocontrole ao fitopatógeno.

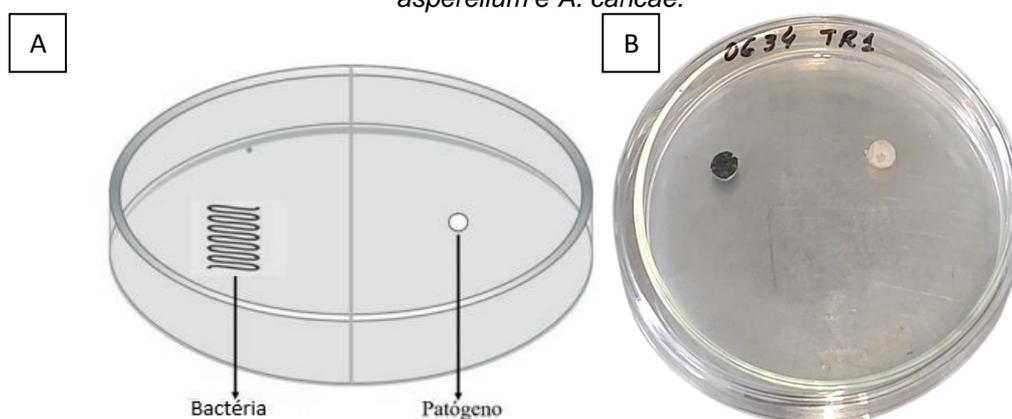
4. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura-CNPMPF da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, localizado na cidade de Cruz das Almas-BA, cujas coordenadas geográficas são 12°40'39" latitude sul e 39°06'23" longitude oeste de Greenwich e altitude de 226 m (IBGE, 2021).

Na realização da pesquisa, seis agentes microbiológicos do acervo do CNPMPF foram utilizados, sendo as bactérias identificadas como BAC1 (*Bacillus*); BSF66; BR12158 (*Bacillus*); BR12137; BR12157 (*Bacillus*); o *Trichoderma asperellum* e o isolado do *Asperisporium caricae*. Usando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 5 repetições e 7 tratamentos, sendo cada repetição composta de uma placa de petri.

O ensaio para identificar a interação entre os possíveis antagonistas (BAC1, BSF66, BR12158, BR12137, BR12157; o *Trichoderma asperellum*) e o fitopatógeno (*A. caricae*) foi montado usando a metodologia de confrontação direta (BRITO; MILLER; STADNIK, 2010; DA SILVA, 2022;), em que nas placas de Petri, contendo meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), foi adicionado, distando um centímetro da borda, com auxílio da alça de platina uma estria simples de bactéria (Figura 2A) e no lado oposto, o disco de colônia do patógeno (5 mm Ø) em BDA. No caso do *Trichoderma*, colocados em lados opostos, próximos às bordas das placas, em pareamento com discos de micélio do patógeno (Figura 2B).

Figura 2: Ilustração da confrontação direta dos microrganismos. A: bactéria e *A. caricae*. B: *T. asperellum* e *A. caricae*.

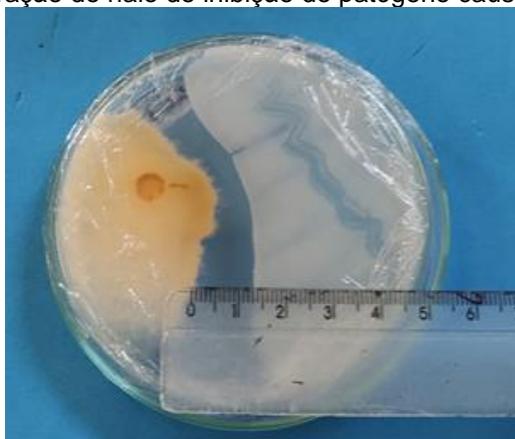


Fonte: Adaptado de DA SILVA *et al.* 2022.

Fonte: Acervo pessoal, 2023.

Os procedimentos descritos anteriormente foram realizados em câmara de fluxo devidamente esterilizadas e depois as placas foram fechadas com plástico filme transparente e acondicionadas em câmaras de incubação BOD sob a temperatura de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas, e após sete dias o halo de inibição de crescimento do fitopatógeno foi mensurado com auxílio de uma régua em três pontos da placa (parte superior, mediana e inferior, Figura 3), e a partir daí realizadas 7 mensurações (com 7, 9, 12, 14 e 21 dias), a primeira iniciando após sete dias, até que houvesse estagnação do crescimento micelial do patógeno ou do antagonista.

Figura 3: Mensuração do halo de inibição do patógeno causado pela bactéria.



As médias dos halos de inibição foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para esporulação do patógeno, foi repicado em nutriente Ágar e mantido em câmaras incubadoras climatizadas a 25°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) inicialmente com fotoperíodo de 12 horas, após 15 dias mantidas em escuro constante. A fim de realizar a inoculação nas mudas até o aparecimento de sintomas e posteriormente aplicar os microrganismos possíveis antagonistas. A cada 7 dias, uma lâmina contendo amostra retirada da placa e analisada em microscópio para identificar a presença de esporos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados obtidos na última avaliação (21 dias), observa-se que os tratamentos utilizando *Trichoderma Asperellum* não diferenciou significativamente da testemunha, entretanto diferenciaram dos demais microrganismos. As BAC1, BR12157, BR12158, BR12137 e BSF66 apresentaram diferença significativa entre os demais tratamentos, contudo, as três últimas não diferiram entre si (Tabela 1). Ressaltando que os microrganismos apresentaram diferentes mecanismos de ação, as bactérias antibiose e o *T. asperellum* micoparasitismo, por isso, foram avaliados de forma distinta, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Teste de Tukey para as médias da inibição do crescimento micelial dos microrganismos nas placas de Petri.

Tratamentos	Crescimento micelial (cm)
Testemunha	8,0 a ^{***}
<i>Trichoderma</i>	8,0 a
	Inibição (cm)
BAC 1	1,026 b
BR12157	0,594 c
BR12158	0 d
BR12137	0 d
BSF66	0 d
C.V.%	4,45

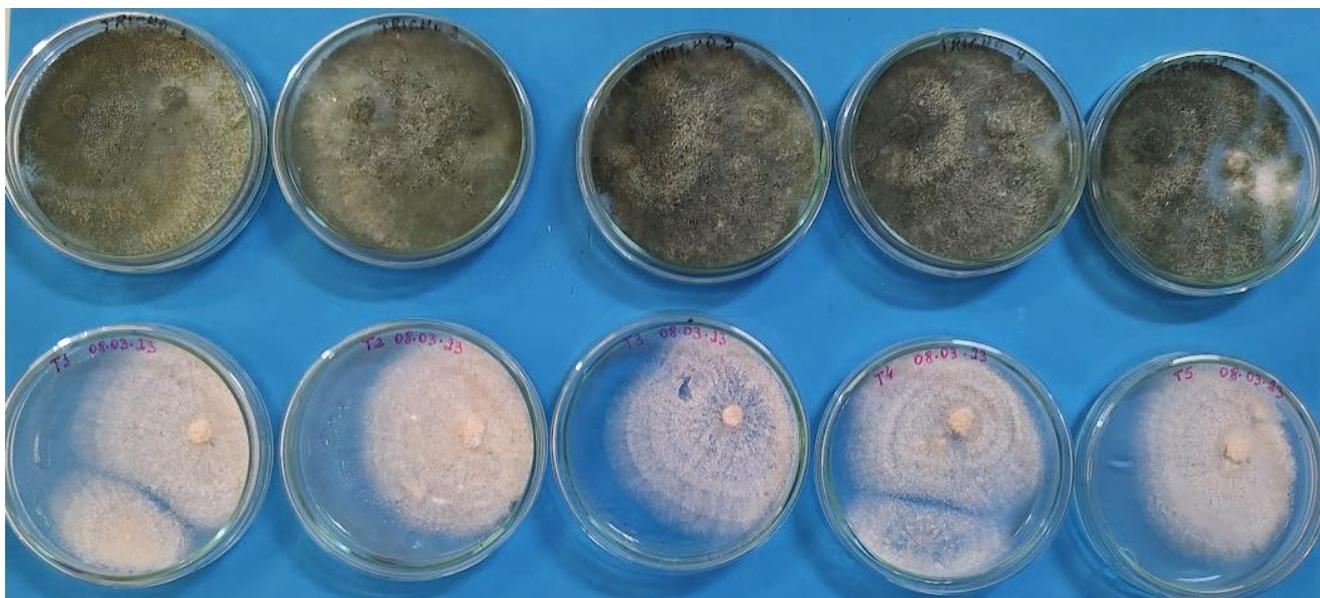
^{***} Extremamente significativo, ao nível de significância de 0%.

As letras minúsculas representam o teste de médias para cada microrganismo, em que letras iguais não diferem entre si significativamente, ao contrário, letras diferentes representam diferença significativa. Para as bactérias, utilizou como parâmetro a mensuração dos halos de inibição. Para o *Trichoderma* o crescimento micelial.

Acerca da inibição do crescimento micelial, embora o *Trichoderma* tenha expressado melhor desempenho, duas bactérias também inibiram o crescimento do patógeno *Asperisporium caricae* e as outras três não apresentou inibição ao patógeno.

Percebe-se que o tratamento utilizando *Trichoderma* obteve o melhor desempenho, devido ao seu crescimento micelial em toda placa de Petri, suprimindo o *A. caricae*, identificado logo na primeira avaliação, ainda que no tratamento testemunha o fitopatógeno não estivesse colonizado totalmente a placa (Figura 5).

Figura 5: Comportamento do *Trichoderma Asperellum* em confronto com o *Asperisporium caricae* comparado a testemunha.



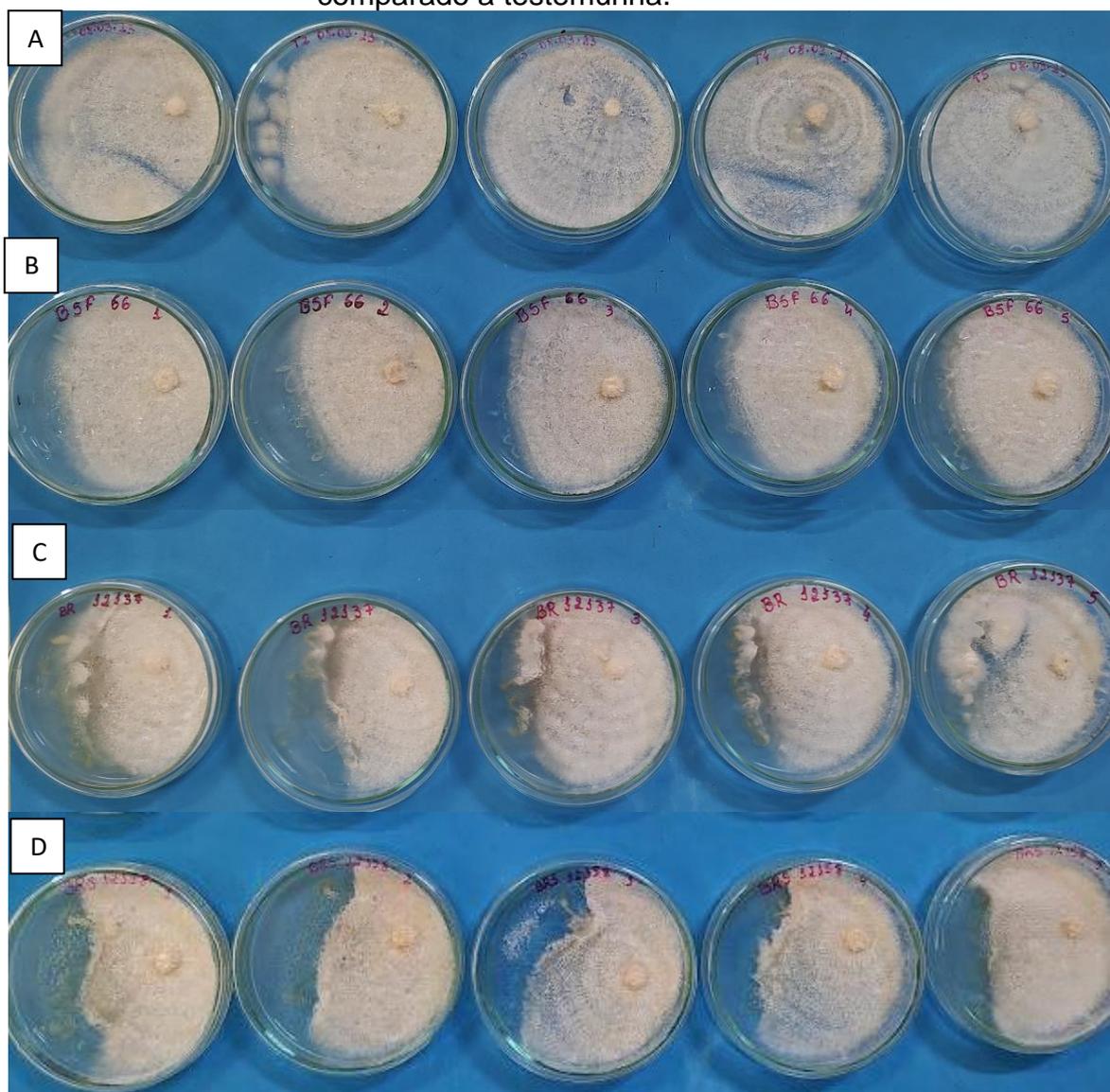
Comparação dos tratamentos *Trichoderma* (coloração verde) à testemunha (coloração branca) sete dias após a incubação.

Desse modo, o rápido crescimento e a esporulação vigorosa do *Trichoderma* na placa dificultam ou suprimem o aparecimento de outras espécies de crescimento mais lento (De Abreu; Pfenning, 2019).

Triboni (2021) em estudos utilizando *Trichoderma* para controle *in vitro* de *Macrophomina phaseolina*, avaliou a ação de micoparasitismo, um dos mecanismos de ação do gênero *Trichoderma*, no qual o fungo enrola suas hifas sobre o hospedeiro e degrada a parede celular dele, elucidando que a sua ação supressora se deve à competição e ou antibiose.

Avaliando os tratamentos com as bactérias BSF66 e BR12137, notou-se já na segunda avaliação, com nove dias, a BR12158 com doze dias após a incubação, que não apresentaram antibiose ao fitopatógeno, visto que toda a placa havia sido colonizada livremente por ele, como é perceptível a seguir na Figura 6.

Figura 6: Comportamento das bactérias em confronto com o fitopatógeno comparado a testemunha.



A: Testemunha; B: Bactéria BSF66; C: Bactéria BR12137; D: Bactéria BR12158.

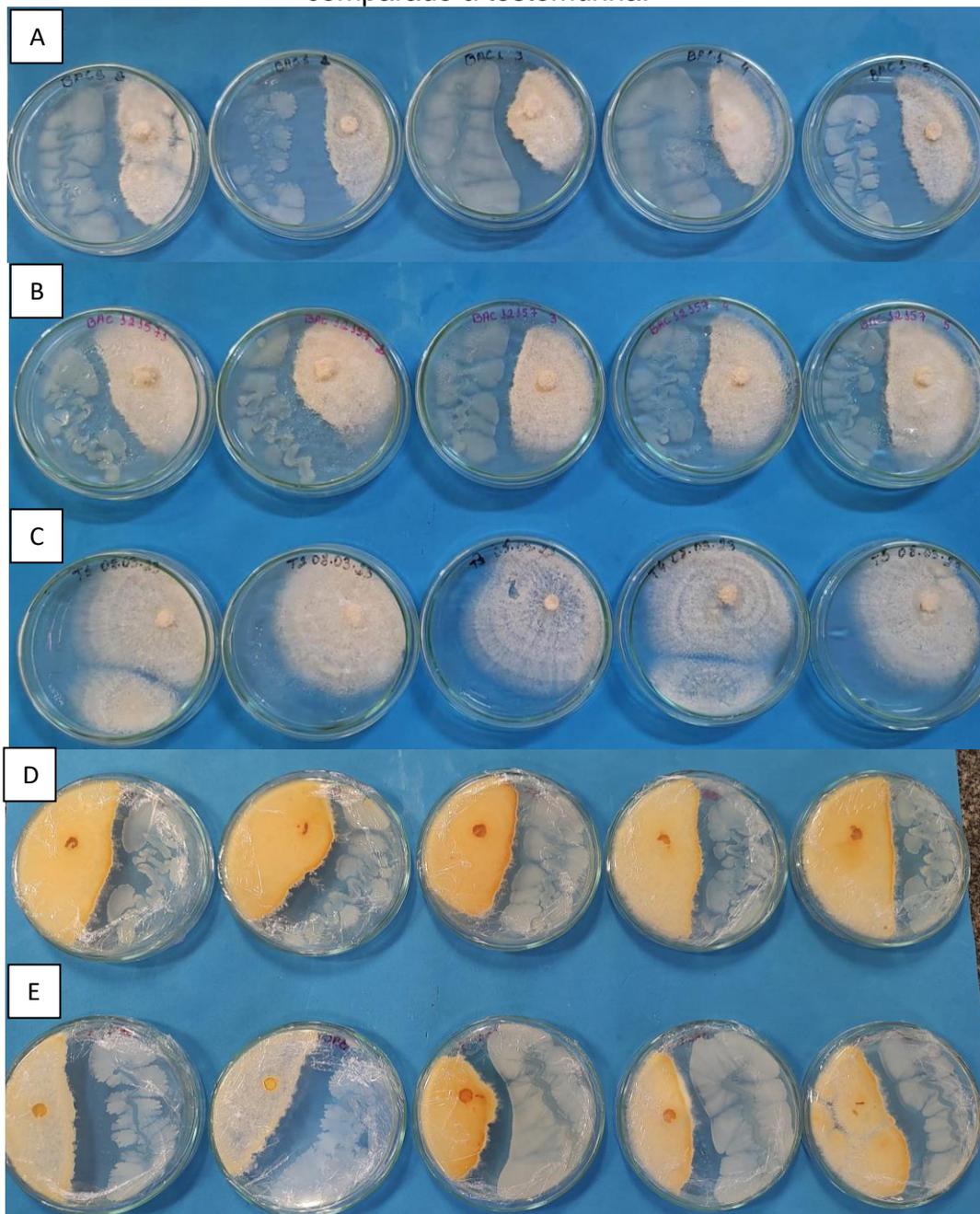
As figuras A, B e C mostram o comportamento da testemunha e das bactérias nove dias após a incubação, e a figura D após doze dias.

No que se refere ao desempenho das bactérias, Dos Santos (2022), afirmou que o gênero *Pseudomonas* é eficiente no controle de patógenos de solo, principalmente no controle de *Fusarium* sp. Analisando espécies de *Streptomyces* contra *Rhizoctonia solani*, Iparraguirre *et al.* (2022), observou que elas inibiram o crescimento do patógeno, demonstrando sua possível aplicação no controle biológico de fungos fitopatogênicos de solo, considerando a possibilidade de algumas das bactérias utilizadas, que não foram ainda identificadas pertencer ao

gênero, pode justificar a não antibiose da das bactérias contra *A. caricae*, patógeno foliar.

Por outro lado, as bactérias BR12157 e BAC1 mediante o confronto direto inibiu o crescimento do fitopatógeno (Figura 7), apresentando halo de inibição desde a primeira avaliação.

Figura 7: Comportamento das bactérias em confronto direto com o fitopatógeno comparado à testemunha.



A: Bactéria BAC1 sete dias após incubação; B: Bactéria BR12157 sete dias após incubação; C: Testemunha sete dias após a incubação; D: BR12157 vinte e um dias após

incubação; E: BAC1 vinte e um dias após incubação. As figuras D e E mostram a face inferior das placas apresentando o halo de inibição das bactérias ao fitopatógeno.

Diversos autores relatam a utilização de *Bacillus* como agentes de controle biológico podem ser utilizados, possuem forte ação inibitória contra patógenos de pós-colheita, ótima ação antifúngica *in vitro* e *in vivo* contra diversos gêneros fúngicos, como por exemplo, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizopus* spp., *Sclerotium* spp., *Rhizoctonia solani*, entre outros (Torres *et al.*, 2017).

Outrossim, Jimenez-Perez *et al.* (2023) ao analisar o confronto *in vitro* de três cepas de *Bacillus subtilis* com *Fusarium oxysporum*, comprovou a inibição do crescimento micelial do fungo, mas não observou efeitos das cepas bacterianas contra *Pythium aphanidermatum*, por causa do seu crescimento na placa de cultivo acontecer em apenas 36 horas de incubação.

Ademais, Torres *et al.* (2016) testando cepas de *Bacillus*, observou a inibição do crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina*. Desse modo, os isolados bacterianos BAC1 e BR12157 do gênero *Bacillus*, consiste em possíveis alternativas eficientes para o biocontrole, reduzindo a utilização de fungicidas, que é o método de controle mais empregado. Além disso, esse estudo pode embasar pesquisas futuras para o desenvolvimento de métodos viáveis de aplicações dos microrganismos antagonistas em outras condições, visando diminuir ou combater o fitopatógeno e seus danos causados ao mamoeiro

Os dados obtidos sugerem ainda que o *A. caricae* não esporula em meio BDA, após 30 dias da repicagem em placas, não havia esporos. E em nutriente ágar, iniciou-se a esporulação aos 30 dias, ainda de que forma exígua, impossibilitando a realização da inoculação nas mudas de Sunrise solo. Estudos desenvolvidos por Vivas *et al.* (2010) e De Oliveira (2015) corroboram, ao destacarem a dificuldade de esporulação em meio artificial.

O que dificulta a realização de estudos, devido à falta de metodologias, informações sobre temperatura e luminosidade ideal, para produção de inóculo *in vitro* de *A. caricae*, visto que a maioria dos experimentos são realizando o controle químico em situações que ocorrem inoculação natural (VIVAS *et al.*, 2010).

De acordo com De Oliveira (2015), a coloração do micélio em placas é indicativa de esporulação, pois, quando apresentam coloração inicial branca e evoluíram para coloração esverdeada em seguida enegrecida, possui esporos, e as que permanecem brancas (como se apresentaram todas as placas do presente experimento) não há esporos. Em trabalho realizado, a autora supracitada, descobriu que os meios V8, milho (utilizando fubá, dextrose e ágar) e Micophil (extrato de farelo de soja, dextrose e ágar), em temperatura de 19°C viáveis para obtenção de esporos em *in vitro*.

Desse modo, a utilização de microrganismos para controle de doenças de plantas é uma técnica bastante estudada, entretanto, ainda é necessário a realização de mais estudos referentes ao agente causal da pinta preta do mamoeiro.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que as bactérias BR12157 e BAC1 (ambas do gênero *Bacillus*), e principalmente o *Trichoderma asperellum*, apresentaram reação antagônica ao fitopatógeno *Asperisporium caricae*, inibindo o crescimento micelial em placas de Petri.

O *A. caricae* apresenta esporulação lenta em meio artificial, em nutriente Ágar somente 30 dias em escuro constante, sendo que não esporula em meio BDA.

7. REFERÊNCIAS

AGROFIT. Consulta de praga/doença: *Asperisporium caricae* – mamão. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2023. Disponível em:

<https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 04 set. 2023.

ÁLVAREZ-GARCÍA, José-Alonso; SANTOYO, Gustavo; ROCHA-GRANADOS, Maria Del Carmen. *Pseudomonas fluorescens*: Mecanismos y aplicaciones en la agricultura sustentable. **Revista Latinoamericana de Recursos Naturales**, v. 16, n. 1, p. 01-10, 2020. Disponível em:

<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/286/260>. Acesso em: 18 ago. 2023.

ATANASOVA, L. (2014). Ecophysiology of *Trichoderma* in Genomic Perspective. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*, 25–40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00002-3>

BARRETO, Livia Felício et al. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 399-403, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/2134/S0100-29452011000500051.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jul. 2023.

BRESSAN, W.; FIGUEIREDO, JEF Controle biológico de raças e isolados de *Colletotrichum graminicola*, de sorgo, por Actinomycetes. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/476702/1/Com62.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

BRITO, Fabiane Silva; MILLER, Paul Richard Momsen; STADNIK, Marciel João. Presença de *Trichoderma* spp. em composto e suas características para o controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, 2010. Disponível em: https://orgprints.org/id/eprint/24992/1/Brito_Presen%C3%A7a.pdf. Acesso em: 4 set. 2023.

CASTILLO-REYES, Francisco et al. In vitro antifungal activity of polyphenols-rich plant extracts against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 50, p. 4554-4560, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288857545_In_vitro_antifungal_activity_of_polyphenols-rich_plant_extracts_against_Phytophthora_cinnamomi_Rands. Acesso em: 18 ago. 2023.

CHEN, Hua et al. Antagonistic effects of volatiles generated by *Bacillus subtilis* on spore germination and hyphal growth of the plant pathogen, *Botrytis cinerea*. **Biotechnology letters**, v. 30, p. 919-923, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10529-007-9626-9>. Acesso em: 18 ago. 2023.

DA CONCEIÇÃO, Leila Verena et al. Prediction of productivity of papaya (*Carica Papaya* L.) by Artificial Neural Networks. **Research, Society and Development**, v.

10, n. 12, p. e595101220692-e595101220692, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20692/18577>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

DA COSTA, Adelaide de Fátima Santana; PACOVA, Braz Eduardo Vieira. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. p. 59-102, 2003. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/924/1/Livro-A-Cultura-do-Mamoeiro-1.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

DA SILVA, Lincon et al. Trichoderma: SUAS INTERAÇÕES E UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA APLICADA AO ESTUDO DE COMPOSTOS ORGANICOS VOLÁTEIS PARA O MOFO-BRANCO E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 28, p. 163-183, 2022. Disponível em: https://sbfitopatologia.org.br/admin/files/papers/file_9wZqtyr4qNyO.pdf. Acesso em: 9 jul. 2023.

DA SILVA, J.A.T. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) biology and biotechnology. **Tree and Forestry Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 47-73, 2007. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/10209>. Acesso em: 16 jul. 2023

DE ABREU, Lucas Magalhães; PFENNING, Ludwig Heinrich. O gênero *Trichoderma*. **Trichoderma**, p. 163. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Bezerra-2/publication/339031401_Uso_do_Trichoderma_na_cultura_do_arroz/links/5e39b52c458515072d800b99/Uso-do-Trichoderma-na-cultura-do-arroz.pdf#page=163. Acesso em: 04 set. 2023.

DE OLIVEIRA, C.R.R. Resistência de mamoeiro a pinta-preta e variabilidade genética de *Asperisporium caricae* (SPEG.) MAUBL. **Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro 74p**, 2015. Disponível em: <https://pgmp.uenf.br/wp-content/uploads/2022/07/Tese-DS-Claudia-Roberta-Ribeiro-de-Oliveira-1.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

DE PADUA, T. R. P. Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1108980>. Acesso em: 18 ago. 2023.

DOS SANTOS, Joeliton Campani. **Ação de *Pseudomonas fluorescens* sobre fungos de solo e como promotora de crescimento com a associação de *Azospirillum brasilense* em plantas de soja**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31057/1/pseudomonasfungossilosoja.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

DIANESE, Alexei C. et al. Reação de genótipos de mamoeiro à varíola e à podridão-do-pé. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 419-423, 2007. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/fb/a/xVBQ5NLx9c3jKdxbCZB8pnJ/?lang=pt>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FAO. Crops and livestock products 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FIRA, Djordje et al. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of biotechnology**, v. 285, p. 44-55, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168165618305844>. Acesso em: 18 ago. 2023.

GARCÍA-ROJAS, Darío Enrique et al. *Streptomyces* como biocontroladores in vitro de *Exserohilum rostratum* e produtores de substâncias promotoras de crescimento vegetal. **J. Fitopatol**, v. 37, pág. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Claudio-Rios-2/publication/335221750_Streptomyces_como_biocontroladores_in_vitro_de_Exserohilum_rostratum_y_productores_de_sustancias_promotoras_del_crecimiento_vegetal/links/5d5eb031299bf1b97cfed82d/Streptomyces-como-biocontroladores-in-vitro-de-Exserohilum-rostratum-y-productores-de-sustancias-promotoras-del-crecimiento-vegetal.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

HARMAN, G., Howell, C., Viterbo, A. et al. Espécies de *Trichoderma* — plantas simbioses oportunistas e avirulentas. **Nat Rev Microbiol** 2, 43–56 (2004). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/8666568_Trichoderma_species_-_Opportunistic_avirulent_plant_symbionts. Acesso em: 16 jul. 2023.

HIDANGMAYUM, Akash; DWIVEDI, Padmanabh. Plant responses to *Trichoderma* spp. and their tolerance to abiotic stresses: a review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 1, p. 758-766, 2018. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue1/PartJ/7-1-47-423.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

HOLLIDAY, P. Fungus diseases of tropical crops. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. 607 p. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03213662>. Acesso em: 25 jul. 2023.

IBGE. Produção de mamão, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br>. Acesso em: 16 jul. 2023.

JIMÉNEZ-PÉREZ, Omar et al. Actividad Antagónica de *Pseudomonas donghuensis* y *Bacillus subtilis* para el manejo de fitopatógenos del “Damping off”. **Revista Bio Ciencias**, v. 10, 2023. Disponível em: <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/1382/1391>. Acesso em: 18 ago. 2023.

KHEDHER, Saoussen Ben; MEJDOUB-TRABELSI, Boutheina; TOUNSI, Slim. Biological potential of *Bacillus subtilis* V26 for the control of *Fusarium* wilt and tuber dry rot on potato caused by *Fusarium* species and the promotion of plant

growth. **Biological Control**, v. 152, p. 104444, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104996442030671X>. Acesso em: 18 ago. 2023.

KOUL, Bhupendra et al. Carica papaya L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, n. 8, p. 683, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-2818/14/8/683>. Acesso em: 16 jul. 2023.

KUHLKAMP, Karin Tesch et al. AVALIAÇÃO DE DOENÇAS FUNGICAS NA PRÉ E PÓS COLHEITA DO MAMOEIRO, SUBMETIDAS A DIFERENTES FUNGICIDAS NO CONTROLE QUÍMICO. **Revista Ifes Ciência**, v. 8, n. 1, p. 01-09, 2022.

KUMAR, Manish et al. Biodiversity of pesticides degrading microbial communities and their environmental impact. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 31, p. 101883, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818120312676>. Acesso em: 18 ago. 2023.

KUPPER, Katia C.; GIMENES-FERNANDES, Nelson; GOES, Antonio de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia brasileira**, v. 28, p. 251-257, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/k7Bn9GYDgQd5K6VFXYZnWDh/?lang=pt#ModalTutors>. Acesso em: 04 set. 2023.

LANNA-FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. de. (2010). Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 4(2). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/233140814.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

LEIVA-PIEDRA, Jorge Luis. Identificación y evaluación in vitro del potencial antifúngico de cepa de *Streptomyces* spp. aislada de suelo desértico contra *Colletotrichum* spp. 2019. Disponível em: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5513/1/REP_MAEST.AGRA_JORGE.LEIVA_IDENTIFICACION.EVALUACION.IN.VITRO.POTENCIAL.ANTIFUNGICO.CEPA.STREPTOMYCES.SPP.AISLADA.SUELO.DESERTICO.COLLETOTRICHUM.SPP.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

LUCON, Cleusa Maria Mantovanello; CHAVES, Alexandre Levi Rodrigues; BACILIERI, Simone. Trichoderma: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. 2014. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/cartilhas/trichoderma.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2023.

MACHADO, Daniele Franco Martins et al. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16182/13127>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. (eds.) M375c A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 13-34. p. ISBN 85-89274-04-

7 1. Disponível em:

<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/924/1/Livro-A-Cultura-do-Mamoeiro-1.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

MARTINS, M.L.L.; Carvalho, F.A. Caricaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22405>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MARTINS, M.V.V. et al. Manejo integrado da pinta-preta do mamoeiro no Ceará. 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951838/1/PintaPreta68.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MARTINS, MARLON VAGNER VALENTIM et al. Avaliação da pinta-preta em progênies de mamoeiro no Estado do Ceará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111725/1/Avaliacao-da-pinta-preta-em-progenies-Avaliacao-da-pinta-preta-e-TRA3905-Francisco-das-Chagas-Vidal-Neto.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MEISSNER FILHO, P. E. et al. A cultura do mamoeiro. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1136356>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MEYER, Maurício Conrado et al. Trichoderma: uso na agricultura. 2019.

MICHEREFF, S. J., Andrade, Domingos. E. G. T., Peruch, L. A. M., & Menezes, M. (2005). Importância dos Patógenos e das Doenças Radiculares em Solos Tropicais. In Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2399/1/livro_patologiaemanejoradiculares.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

MISSAU, Luiza Zardin. **Avaliação de rizobactérias Streptomyces para o controle do fitopatógeno Sclerotinia sclerotiorum**. 2022. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://meriva.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/25078/1/000505536-Texto%2bcompleto-0.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MONTE, Enrique; BETTIOL, Wagner; HERMOSA, Rosa. Trichoderma e seus mecanismos de ação no controle de doenças de plantas. **Trichoderma: uso na agricultura. Brasília: Embrapa**, pág. 181-199, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Bezerra-2/publication/339031401_Uso_do_Trichoderma_na_cultura_do_arroz/links/5e39b52c458515072d800b99/UsodoTrichoderma-na-cultura-do-arroz.pdf#page=181. Acesso em: 4 set. 2023.

OLIVEIRA, Antonio Alberto Rocha et al. Indução de resistência para o controle de doenças do mamoeiro. **Fitossanidade na Amazônia: inovações tecnológicas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, p. 53-71, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/656135/1/LIVRO-FITO-PARTE-1-53-71.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2023.

OLIVEIRA, A.A.R; SANTOS FILHO, H. P.; MEISSNER FILHO, P. E. Manejo de doenças do mamoeiro. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50852/1/Curso-Manejo-Doencas.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

PACIOS-MICHELENA, Sandra et al. Application of Streptomyces antimicrobial compounds for the control of phytopathogens. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 696518, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.696518/full>. Acesso em: 18 ago. 2023.

PHAE, Chae-Gun; SHODA, Makoto. Investigation of optimal conditions for foam separation of iturin, an antifungal peptide produced by *Bacillus subtilis*. **Journal of fermentation and bioengineering**, v. 71, n. 2, p. 118-121, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0922338X91902359>. Acesso em: 18 ago. 2023.

RAHMAN, M. A. et al. Major postharvest fungal diseases of papaya cv. 'Sekaki' in Selangor, Malaysia. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci**, v. 31, n. 1, p. 27-34, 2008. Disponível em: [http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20vol.%2031%20\(1\)%20Feb.%202008/07%20PAGE%2027-34.pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20vol.%2031%20(1)%20Feb.%202008/07%20PAGE%2027-34.pdf). Acesso em: 16 jul. 2023.

RAMADA, Marcelo Henrique Soller; LOPES, Fabyano Alvares Cardoso; ULHOA, Cirano José. Trichoderma: metabólitos secundários. **Trichoderma: Uso na Agricultura. Embrapa, Brasília**, p. 201-2018, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Moura-Mascarin/publication/340331300_Industrial_production_of_Trichoderma_Chapter_08_-_in_Portuguese/links/5e83fa9d299bf130796dc569/Industrial-production-of-Trichoderma-Chapter-08-in-Portuguese.pdf#page=201. Acesso em: 18 ago. 2023.

REZENDE, J.A.M; FANCELLI, M.I. Doenças do mamoeiro. Manual de fitopatologia, 1997. Disponível em: <https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Livro-Manual-de-Fitopatologia-vol.2.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

RITZINGER, Cecília Helena Silvino Prata; SOUZA, José da Silva. Mamão Fitossanidade. 2000. Disponível em: <https://frutvasf.univasf.edu.br/wp-content/uploads/2022/06/mamaofitossanidade.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SANTOS FILHO, H. P. et al. Monitoramento e controle da pinta preta do mamoeiro. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110984/1/Comunicado-125-Monitoramento-e-controle-da-pinta-preta-do-mamoeiro.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

SANTOS, Vânia Jesus dos. Avaliação de resistência de genótipos de mamoeiro *Asperisporium caricae*. 2009. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp088368.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

SHORESH, Michal; HARMAN, Gary E.; MASTOURI, Fatemeh. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual review of phytopathology**, v. 48, p. 21-43, 2010.

SILVA, Juliana Resende Campos et al. Bactérias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, p. 1062-1072, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/kdQb6HKQjVVJdTg6wGCfbKg/>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SILVERIO, Thiago Cunha et al. Influência das variáveis climáticas na incidência da varíola do mamoeiro “Sunrise Golden” em diferentes densidades de cultivo sob manejo orgânico de produção. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 4, 2019. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1208>. Acesso em: 18 ago. 2023.

TERRA, C. E. P. S. **Avaliação de genótipos e indutores de resistência no controle da pinta-preta do mamoeiro**. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 58f. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/10/Carlos-Eduardo-Terra.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

TORRES, María Julia et al. Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: SEM study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds. **Microbiological research**, v. 182, p. 31-39, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501315300094>. Acesso em: 04 set. 2023.

TRIBONI, Yago de Barros. Controle biológico com *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. para o tratamento de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merril.]. 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/236195/triboni_yb_me_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 18 ago. 2023.

VÁSQUEZ BASTO, Valeria et al. Control biológico de la marchitez del banano (*Musa x paradisiaca* L.) causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* utilizando bacterias del género *Pseudomonas* como una alternativa agrosostenible. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/5178/Control%20biol%20de%20la%20marchitez%20del%20banano%20%28Musa%20x%20paradisiaca%20L.%29%20causada%20por%20Fusarium%20oxysporum%20>

20f.%20sp.%20cubense%20u.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 ago. 2023.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S. Manejo das doenças do mamoeiro. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, p. 231-308, 2003. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/924/1/Livro-A-Cultura-do-Mamoeiro-1.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

VENTURA, J. A. et al. Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo. 2022. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/4206/1/Livro-cadeiaprodutivadamamaonoES-Incaper.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

VIEIRA JUNIOR, J. R. et al. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1018841/1/doc155rizobacterias.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

VIVAS, Marcelo et al. Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta em frutos de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 161-163, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/RNrQYxfphxDrzNrKKGKPhWyb/?lang=pt#>. Acesso em: 16 jul. 2023.

WIJESINGHE, C. J. et al. Biological control of Thielaviopsis paradoxa on pineapple by an isolate of Trichoderma asperellum. **Biological control**, v. 53, n. 3, p. 285-290, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104996441000040X>. Acesso em: 04 set. 2023.

YADAV, M. K. et al. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Pop. Kheti**, v. 3, p. 95-99, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Surendra-Ghritlahre/publication/328802510_Induced_Systemic_Resistance_and_Plant_Responses_to_Fungal_Biocontrol_Agents/links/5be911f092851c6b27b843e8/Induced-Systemic-Resistance-and-Plant-Responses-to-Fungal-Biocontrol-Agents.pdf. Acesso em: 16 jul. 2023.