



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE BIOTECNOLOGIA

Isabel Cabral de Medeiros

**Atividade antifúngica de óleos essenciais e produtos comerciais no controle da Mancha
de alternaria em mamão**

MOSSORÓ

2020

Isabel Cabral de Medeiros

**Atividade antifúngica de óleos essenciais e produtos comerciais no controle da Mancha
de alternaria em mamão**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Michelle de
Queiroz Ambrósio

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Carla
Diógenes Suassuna Bezerra

MOSSORÓ

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

C117a Cabral de Medeiros, Isabel.
Atividade antifúngica de óleos essenciais e produtos comerciais no controle da mancha de alternaria em mamão / Isabel Cabral de Medeiros. - 2020.
46 f. : il.

Orientadora: Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio.
Coorientadora: Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de , 2020.

1. Carica papaya. 2. Mancha de alternaria. 3. Óleos essenciais. I. Michelle de Queiroz Ambrósio, Márcia , orient. II. Diógenes Suassuna Bezerra, Ana Carla, co-orient. III. Título.

Isabel Cabral de Medeiros

Atividade antifúngica de óleos essenciais e produtos comerciais no controle da Mancha de alternaria em mamão

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Defendida em: 05 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio (UFERSA)
Presidente

Profa. Dra. Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra (UFERSA)
Membro Examinador

Msc. Maria Bruna Medeiros Araújo (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu a realização do curso e me deu fé para superar e vencer cada obstáculo.

Agradeço imensamente a minha família, que me permitiu chegar a este momento.

Agradeço também ao meu namorado Lucas Fernandes, que acreditou no meu potencial, mesmo quando eu mesma duvidei.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), pela oportunidade de cursar Biotecnologia.

Agradeço imensamente a minha orientadora Professora Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, por toda a orientação durante os dois anos da minha graduação, obrigada por ter sido mais que uma orientadora, ter acreditado no meu potencial e aceitado o desafio de orientar uma aluna de outro curso. Agradeço cada ensinamento e conselho.

Agradeço também a minha Co-orientadora Professora Dra. Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra, por ter sido mais que uma professora, e sim uma amiga, que sempre acreditou no meu potencial, obrigada por cada ensinamento e conselho.

Agradeço ao professor Dr. Lívio Carvalho de Figueiredo pela oportunidade de ter participado da sua equipe de pesquisa no Laboratório de Biotecnologia de Fungos. Obrigado por cada ensinamento.

Agradeço a técnica do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia Louise Medeiros, por toda preocupação, ajuda e conselhos durante esses dois anos.

Agradeço a todos os meus companheiros de laboratório, em especial a Abidnego Medeiros, Afonso Luiz, Bruna Medeiros, Geovane Almeida, Jarlan Lucas, Karol Alves, Luan Vítor e Uilma Laurentino, por toda amizade, preocupação, ensinamentos, conselhos e auxílio nos trabalhos. Obrigada por terem sido muito mais que companheiros de laboratório.

Agradeço a minha amiga e companheira de curso Elisandra Cibely, obrigada por ter sido mais que uma companheira de trabalhos e estudos, mas uma amiga para compartilhar os momentos bons e ruins durante todo o curso. Obrigada por tantos ensinamentos.

Agradeço a Empresa Alltech Crop Science, em especial a Michelangelo Fernandes, pelo fornecimento de materiais e produtos comerciais, além de toda o apoio durante a execução do trabalho.

Agradeço a Empresa Frutas Solo e seus funcionários, pela disponibilidade da câmara fria e fornecimento dos frutos para a realização do experimento *in vivo*.

Agradeço também a Empresa Brazil Melon e seus funcionários por ter me dado a oportunidade de realizar um estágio e adquirir mais conhecimentos para a minha formação. Agradeço em especial a Graziella Carvalho, por ter sido uma ótima supervisora e amiga, obrigada por cada ensinamento.

RESUMO

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a atividade antifúngica de óleos essenciais (citronela e hortelã) e produtos comerciais (Tecto[®], Compost Aid[®], Nem Out[®], Soil Set[®], Enzimatic II e Serenade[®]) a *Alternaria* sp. em mamão. No experimento *in vitro*, os tratamentos foram: óleo essencial de citronela (0,25; 0,5; 0,75; 1,0 e 1,5%), hortelã (0,25; 0,5; 0,75 e 1%), e produtos comerciais Tecto[®] (4 mL L⁻¹), Compost Aid[®] (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 g L⁻¹), Nem Out[®] (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 g L⁻¹), Soil Set[®] (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8 mL L⁻¹), Enzimatic II (produto em fase de teste) (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8 mL L⁻¹) e as combinações: óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹), óleo de citronela (1,5 %) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹) e óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) sobre o crescimento de *Alternaria* sp. Neste experimento, os tratamentos foram incorporados ao meio de cultura batata dextrose ágar e vertidos em placas de Petri onde foi repicado um disco de 5 mm de diâmetro contendo estruturas do fungo com 12 dias de cultivo. As placas foram mantidas em incubadora com demanda biológica de oxigênio durante 21 dias. No ensaio *in vivo* utilizou-se mamão da variedade Formosa e os tratamentos foram: Tecto[®] (4 mL L⁻¹), Tween 20 (1%), Tween 20 (1,5%), óleo de citronela (1%), óleo de citronela (1,5%), Enzimatic II (8 mL L⁻¹), Enzimatic II (16 mL L⁻¹) e as combinações: óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹), óleo de citronela (1,5 %) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) e Serenade[®] (10 mL L⁻¹). Os frutos foram desinfestados e, posteriormente inoculados em três pontos equidistantes com discos de 5 mm de diâmetro contendo estruturas do patógeno. Os frutos foram mantidos em repouso durante 30 minutos e, em seguida, pulverizados com os tratamentos e mantidos em câmara fria a 10 °C durante 21 dias. No experimento *in vitro* verificou-se que os tratamentos óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹); óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹); óleo de citronela (1,5 %) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹) e óleo de citronela (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) inibiram 100 % o crescimento de *Alternaria* sp. Os tratamentos óleo de citronela (1 %); óleo de citronela (1,5 %) e Enzimatic II (0,5 mL L⁻¹) inibiram 47,21; 67,11 e 65,84 % do crescimento do patógeno, respectivamente, e não diferiram estatisticamente dos tratamentos que inibiram completamente o fungo. No experimento *in vivo* os tratamentos Tween 20 (1,5%) e Serenade[®] (10 mL L⁻¹) se apresentaram melhores que os demais tratamentos, contudo não diferiram estatisticamente da testemunha, embora tenham proporcionado, numericamente, menor crescimento micelial. As combinações do óleo de citronela e do produto Enzimatic II conseguiram inibir 100% do crescimento micelial do patógeno no experimento *in vitro*, contudo não conseguiram controlar o desenvolvimento do fungo no experimento *in vivo*. Apenas os tratamentos Tween 20 (1,5%) e Serenade[®] (10 mL L⁻¹) conseguiram reduzir 17,19 e 18,94%, respectivamente, do crescimento micelial de *Alternaria* sp. *in vivo*, dessa forma, ainda é necessário a realização de novos trabalhos, com novos tratamentos ou mudanças de dosagens para a avaliação do controle da mancha de alternaria em mamão.

Palavras-chave: *Carica papaya*, alternariose, controle alternativo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the antifungal activity of essential oils (citronella and mint) and commercial products (Tecto[®], Compost Aid[®], Nem Out[®], Soil Set[®], Enzimatic II and Serenade[®]) to *Alternaria* sp. in papaya. In the in vitro experiment, the treatments were: citronella essential oil (0.25; 0.5; 0.75; 1.0 and 1.5%), mint (0.25; 0.5; 0.75 and 1%), and commercial products Tecto[®] (4 mL L⁻¹), Compost Aid[®] (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 2.5 g L⁻¹), Nem Out[®] (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 2.5 g L⁻¹), Soil Set[®] (0.5; 1.0; 2.0; 4.0 and 8 mL L⁻¹), Enzimatic II (product under test) (0.5; 1.0; 2.0; 4.0 and 8 mL L⁻¹) and the combinations: citronella oil (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹), citronella oil (1.5%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹) and citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) on the growth of *Alternaria* sp. In this experiment, the treatments were incorporated into the potato dextrose agar culture medium and poured into Petri dishes where a 5 mm diameter disc containing fungus structures with 12 days of cultivation was repeated. The plates were kept in an incubator with biological oxygen demand for 21 days. In the in vivo test papaya of the Formosa variety was used and the treatments were: Tecto[®] (4 mL L⁻¹), Tween 20 (1%), Tween 20 (1.5%), citronella oil (1%), citronella oil (1.5%), Enzimatic II (8 mL L⁻¹), Enzimatic II (16 mL L⁻¹) and the combinations: citronella oil (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹), citronella oil (1.5%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) and Serenade[®] (10 mL L⁻¹). The fruits were disinfected and subsequently inoculated at three points equidistant with discs of 5 mm in diameter containing structures of the pathogen. The fruits were kept at rest for 30 minutes and then sprayed with the treatments and kept in a cold chamber at 10 °C for 21 days. In the in vitro experiment it was found that the treatments citronella oil (1%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹); citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹); citronella oil (1.5%) + Enzimatic II (8 mL L⁻¹) and citronella oil (1%) + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) inhibited 100% the growth of *Alternaria* sp. The citronella oil treatments (1%); citronella oil (1.5%) and Enzimatic II (0.5 mL L⁻¹) inhibited 47.21; 67.11 and 65.84% of the growth of the pathogen, respectively, and did not differ statistically from treatments that completely inhibited the fungus. In the in vivo experiment, the treatments Tween 20 (1.5%) and Serenade[®] (10 mL L⁻¹) were better than the other treatments, however they did not differ statistically from the control, although they provided, numerically, less mycelial growth. The combinations of citronella oil and the product Enzimatic II managed to inhibit 100% of the mycelial growth of the pathogen in the in vitro experiment, however they were unable to control the development of the fungus in the in vivo experiment. Only the treatments

Tween 20 (1.5%) and Serenade® (10 mL L⁻¹) managed to reduce 17.19 and 18.94%, respectively, of the mycelial growth of *Alternaria* sp. in vivo, therefore, it is still necessary to carry out new work, with new treatments or changes in dosages for the evaluation of the control of the alternaria spot on papaya.

Keywords: *Carica papaya*, alternariose, alternative control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mancha de alternaria em fruto de mamão.....	18
Figura 2	– <i>Alternaria</i> sp.....	19
Figura 3	– Experimento <i>in vitro</i> . (A): Incorporação dos tratamentos ao BDA; (B): BDA com os tratamentos incorporados vertidos em placas de Petri e (C): deposição de discos de 5mm do patógeno nas placas contendo os tratamentos	27
Figura 4	– Inoculação de <i>Alternaria</i> sp. em mamão. (A): Remoção do disco de 5 mm do fruto; (B): deposição de disco de 5 mm de diâmetro contendo estruturas do fungo.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Tratamentos utilizados no experimento <i>in vitro</i>	25
Tabela 2	–	Tratamentos utilizados no experimento <i>in vivo</i>	27
Tabela 3	–	Porcentagem de inibição do crescimento micelial (mm) de <i>Alternaria</i> sp. <i>in vitro</i> submetida a diferentes tratamentos.....	30
Tabela 4	–	Porcentagem de inibição do crescimento micelial (mm) de <i>Alternaria</i> sp. <i>in vivo</i> submetida a diferentes tratamentos.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADE	Água Destilada Esterilizada
BDA	Batata Dextrose Ágar
BOD	Demanda Biológica de Oxigênio
UR	Umidade Relativa

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A cultura do mamoeiro e sua importância	16
2.1.1 Produção de mamão	17
2.2 Doenças fúngicas na pós-colheita do mamoeiro	18
2.2.1 Mancha de alternaria	18
2.3 O gênero <i>Alternaria</i> spp.	19
2.4 Métodos de controle da Mancha de alternaria no mamão	20
2.4.1 Óleos essenciais.....	20
2.4.2 Produtos comerciais.....	21
3 OBJETIVOS.....	24
3.1 Objetivo Geral.....	24
3.2 Objetivos Específicos	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Obtenção do patógeno	25
4.2 Experimento <i>in vitro</i>	25
4.3 Experimento <i>in vivo</i> em frutos de mamão formosa.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Experimento <i>in vitro</i>	30
5.2 Experimento <i>in vivo</i> em frutos de mamão formosa.....	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de mamão (*Carica papaya* L.) do mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Esta cultura é produzida na maioria dos estados brasileiros, destacando-se os estados da Bahia, Espírito Santo, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (IBGE, 2018). Apesar do país ser um grande produtor de mamão, o volume exportado é considerado abaixo do esperado (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018), devido a diversos fatores, dentre eles, as doenças pós-colheita que acarretam grandes perdas econômicas na produção, comercialização e exportação do mamão (CAPDEVILLE e SANTOS, 2005).

A maioria das doenças pós-colheita são ocasionadas por fungos e uma das mais importantes é a mancha de alternaria, causada pelo fungo do gênero *Alternaria*. Alguns pesquisadores relatam que a doença é causada pelo fungo *Alternaria alternata* (SUARÉZ-QUIROZ et al., 2013; MDIC, 2015; ROCHA et al., 2015), que pode causar podridões nos frutos, queima nos ápices dos lóbulos foliares e lesões no pecíolo do mamoeiro (VIANA et al., 2014).

Métodos físicos, químicos e biológicos vêm sendo empregados visando o controle dessa doença e os resultados ainda são insatisfatórios. Diversos estudos são realizados visando buscar fontes alternativas para o controle da mancha de alternaria no mamoeiro, tais como o uso de produtos biológicos, extratos de plantas, óleos essenciais vegetais e indutores de resistência.

A aplicação de fungicidas ainda é o método mais utilizado para o controle de fungos em pós-colheita (OLIVEIRA, VIANA e MARTINS, 2016; RIBEIRO, SERRA e ARAÚJO, 2016). Todavia apenas o Tiabendazol está registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para uso no controle da mancha de alternaria em mamão (AGROFIT, 2020). Embora os métodos químicos apresentem alta eficácia, os mesmos apresentam diversas restrições relacionadas à seleção de patógenos resistentes, geram resíduos tóxicos nos frutos tratados e causam danos ao meio ambiente e a saúde humana (WILSON e WISNIEWSKI, 1994; SUARÉZ-QUIROZ et al., 2013), além da restrição de alguns produtos químicos para os frutos exportados.

Diante do exposto alguns óleos essenciais e produtos biológicos vêm sendo testados para o controle de diferentes fungos causadores de podridões pós-colheita e, é crescente a

necessidade de alternativas para o controle da Mancha de alternaria em mamão, que causem menos danos ao meio ambiente e a saúde humana.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cultura do mamoeiro e sua importância

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence à família Caricaceae, é uma planta tipicamente tropical, cujo centro de origem é o Noroeste da América do Sul, mais precisamente a região Amazônica, estendendo-se até a América Central e sul do México (TRINDADE et al., 2013).

Apresenta um caule herbáceo, oco e cilíndrico de coloração verde-clara no ápice e verde acinzentada na base, que pode atingir até 10 metros de altura. Suas folhas são grandes e apresentam nervuras amarelas, sustentadas por longos pecíolos que emergem do ápice do tronco (PRATO, 2015). As primeiras flores do mamoeiro são emitidas cerca de três a quatro meses após o plantio, podendo ser de três tipos: masculinas, femininas e hermafroditas, podendo apresentando coloração branca ou amarela (TRINDADE et al., 2000; TRINDADE et al., 2013).

O fruto do mamoeiro é uma baga que nasce do caule e apresenta forma variável de acordo com o tipo de flor, podendo ser arredondado, oblongo, alongada, cilíndrico e piriforme. Seu tamanho pode atingir até 50 cm de comprimento e o seu peso varia de gramas a quilos (TRINDADE et al., 2000). O mamão é um fruto carnoso com polpa macia, densa, aromática e de coloração variável entre o amarelo e o vermelho. Sua casca é lisa, fina e verde, tornando-se gradativamente amarela ou alaranjada com o amadurecimento. As sementes são pequenas, redondas, pretas e recobertas por uma camada mucilaginosa (TRINDADE et al., 2000; PATRO, 2015).

Os frutos de mamão possuem 86,9 % de água, 11,6 g de carboidratos, 25 mg de cálcio, provitamina A e vitamina C (SIMÃO, 1998; TRINDADE et al., 2000), pode ser consumido *in natura* ou de forma processada para a elaboração de doces, sucos, bebidas, dentre outros (DANTAS, 2018). A sua polpa pode ainda ser utilizada para a extração de papaína, uma enzima proteolítica usada como amaciador natural de carne e como clarificador na indústria cervejeira (TRINDADE et al., 2000; MARTIN-MEX et al., 2012).

Além de ser uma fonte natural de vitaminas e minerais, o mamão é considerado uma excelente fonte de propriedades medicinais, apresentando os seguintes benefícios a saúde: combate a prisão de ventre, prevenção de doenças cardíacas e artrite reumatoide, fortalecimento do sistema imunológico, combate a inflamações, redução do colesterol, controle da diabetes, auxílio no crescimento capilar, cicatrização de feridas e prevenção do câncer, tornando a fruta uma das mais consumidas no mundo e no Brasil (MARIANI et al., 2013; ECOINVENTOS,

2016; FORMIGONI, 2017). As sementes também possuem propriedades medicinais, elas podem ser utilizadas na produção de extratos ricos em antioxidantes naturais (JORGE e MALACRIDA, 2008).

2.1.1 Produção de mamão

As cultivares de mamoeiros mais produzidas no Brasil são classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: Solo e Formosa (TRINDADE et al., 2000). As variedades do tipo Solo, onde se encontra a maioria das cultivares de mamoeiro utilizadas no mundo, são comercializadas no mercado interno e externo e apresentam frutos com peso médio de 350 a 600 g, enquanto as do grupo Formosa são comercializadas apenas no mercado interno, e seus frutos apresentam peso médio de 800 a 1.100 g (TRINDADE et al., 2013).

O grupo Solo, no Brasil, apresenta domínio de duas cultivares: Sunrise solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12. As cultivares desse grupo são consideradas linhagens puras por possuírem material geneticamente uniforme. Apresentam frutos provenientes de flor feminina (com formato ovalado) e hermafrodita (com formato piriforme), peso médio de 500 g, casca lisa e firme, com polpa vermelho-alaranjada (TRINDADE et al., 2000). Este grupo apresenta outras linhagens conhecidas, como exemplo: Golden, Baixinho de Santa Amália, Taiwan, Kapoho Solo, Waimanalo e Higgins (TRINDADE et al., 2013).

No grupo Formosa, estão presentes os híbridos F1, representados principalmente pelo Tainung nº 1, resultado do cruzamento entre o Sunrise Solo e um mamão de polpa vermelha da Costa Rica (SANTOS et al., 2009). As plantas desse grupo são mais altas, seus frutos mais pesados, com polpa de ótimo sabor e boa resistência ao transporte (TRINDADE et al., 2013).

O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de mamão no mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Produzindo 1.057.501 kg em 26.526 hectares no ano de 2017 (AGROSTAT, 2019). O seu cultivo ocorre em todo o país, mas há uma concentração da produção nos estados da Bahia, Espírito Santo, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais, responsáveis por aproximadamente 89 % da produção mundial (IBGE, 2018). A alta produção de mamão nestes estados é responsável por inúmeros empregos diretos e indiretos, trazendo investimentos e gerando renda à população local.

Embora o Brasil alcance altos níveis de produção, o volume de frutos de mamão exportado ainda se apresenta inferior ao esperado (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018), tornando a participação do país no mercado externo inexpressiva (TRINDADE et al., 2013). Este fato pode ser explicado por diversos fatores, se destacando as

doenças apresentadas na fase de pós-colheita, responsáveis por perdas de até 93 % (REZENDE e FANCELLI, 1997; CAPDEVILLE e SANTOS, 2005).

2.2 Doenças fúngicas na pós-colheita do mamoeiro

As doenças apresentadas na fase de pós-colheita são responsáveis por grandes perdas econômicas na produção, comercialização e exportação do mamão, pois os consumidores exigem frutos ausentes de podridões (NERY-SILVA et al., 2007). Estas doenças podem ter início no campo e ficarem latentes, manifestando-se somente após a colheita em condições ambientais favoráveis. O patógeno penetra no fruto através de ferimentos causados por danos mecânicos ou fisiológicos, decorrentes de manuseio inadequado, a doença inicia-se e progride quando as condições são favoráveis (GOMES, 1996).

O mamoeiro é afetado por um grande número de doenças, contudo as fúngicas são as mais predominantes, e geram grandes perdas na produção. Dentre elas, destacam-se a antracnose, podridão peduncular, mancha-de-chocolate, varíola e a Mancha de alternaria (REZENDE e FANCELLI, 1997; DANTAS et al., 2003, SUÁREZ-QUIROZ et al., 2013).

2.2.1 Mancha de alternaria

A mancha de alternaria é causada pelo fungo *Alternaria* spp. Pesquisadores associam a doença ao fungo *A. alternata* (REZENDE e FANCELLI, 1997; SUÁREZ-QUIROZ et al., 2013; VIANA et al., 2014; ROCHA et al., 2015). Um sintoma típico da doença consiste na presença de manchas circulares a ovais na superfície dos frutos, cobertas pelos esporos do fungo (Figura 1), queima nos ápices dos lóbulos foliares e lesões no pecíolo do mamoeiro (VIANA et al., 2014). Favorecida em ambientes secos e temperatura de 25 °C (FERREIRA NETO, 2016).



Figura 1 – Mancha de alternaria em fruto de mamão. Fonte: Arquivo pessoal.

A mancha de alternaria tem se mostrado distribuída pelo mundo, apresentando registros de sua ocorrência no Brasil, China, Cuba, Estados Unidos, Ilhas Virgens, Índia, México, Nigéria, Paquistão e Porto Rico (FATIMA et al., 2009; GAJANANA et al., 2010; MUKAY et al., 2010; VÁSQUEZ-LÓPEZ et al., 2012; ONIHA e EGWARI, 2015; AGROFIT, 2020), destacando-se a Índia, Brasil e México como os três maiores produtores mundiais de mamão (FAO, 2017). No Brasil, a doença vem se difundindo no Ceará e Rio Grande do Norte, mostrando-se presente também em mamões comercializados em cidades da Paraíba (SILVA, 2014; ROCHA et al., 2015; DANTAS, 2016).

2.3 O gênero *Alternaria* spp.

Este gênero é composto por fungos anamórficos, que apresentam conídios individuais, com comprimento e largura variáveis, retos ou ligeiramente curvos, com corpo oblongo que se afina em direção ao ápice. Sua coloração geralmente é marrom, e são constituídos de septos transversais e longitudinais (Figura 2). Os conídios são inseridos em conidióforos septados, que podem ocorrer isolados ou em grupos. As espécies de *Alternaria* spp., apresentam características morfológicas heterogêneas, que podem ser diferenciadas quanto a coloração do micélio, agressividade, produção de pigmentos em meio de cultura, patogenicidade e presença ou ausência de esporulação (TÖFOLI, DOMINGUES e FERRARI, 2015).



Figura 2 – *Alternaria* sp. Fonte: Microscopemaster.

O fungo pode sobreviver em tecidos vegetais fracos ou apodrecidos, apresentando um caráter saprófito e patogênico. Os conídios podem ser disseminados pelo vento, respingos de água da chuva ou irrigação por aspersão (AGROFIT, 2020).

2.4 Métodos de controle da Mancha de alternaria no mamão

Não existem relatos de cultivares de mamões resistentes a Mancha de alternaria (AGROFIT, 2020). Os métodos químicos, que consistem na aplicação de fungicidas, ainda são os mais utilizados no controle da doença em mamão.

Atualmente, apenas o Tecto® é registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para utilização no manejo da Mancha de alternaria em mamão, e apresenta controle de até 50 % de *A. alternata* (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2013). Apesar do seu uso ser liberado, o mesmo é classificado como medianamente tóxico e muito perigoso ao meio ambiente (AGROFIT, 2020).

Embora os métodos químicos apresentem alta eficácia, os mesmos apresentam diversas restrições relacionadas à seleção de patógenos resistentes, geram resíduos tóxicos nos frutos tratados, além de causarem danos ao meio ambiente e a saúde humana (WILSON e WISNIEWSKI, 1994; SUÁREZ-QUIROZ et al., 2013).

Além disso, nem sempre os fungicidas são utilizados da forma correta ou em doses permitidas. Segundo um estudo realizado pelo Greenpeace em 2017, de quatro amostras de mamão estudadas, três apresentaram quatro tipos de resíduos. Duas delas estavam contaminadas com Procloraz, pesticida banido no Brasil e proibido para uso em alimentos. Uma das amostras possuía resíduos de Difeconazol, fungicida liberado para uso, porém apresentava em concentração nove vezes superior à permitida (CASTRO, 2017).

Neste contexto, diversos estudos vêm sendo realizados ao longo dos anos em busca de fontes alternativas no controle de agentes patogênicos, tais como o uso de produtos biológicos, extratos de plantas, óleos essenciais vegetais e indutores de resistência (NASCIMENTO et al., 2008; SILVA et al., 2012; LOPEZ-REYES et al., 2013; MARCONDES et al., 2014; BERNARDO et al., 2015; DANTAS, 2016; NASCIMENTO et al., 2016; PEIXINHO et al., 2017; CUEVA e BALENDRES, 2018; XUEUAN et al., 2018).

2.4.1 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são substâncias vegetais voláteis, derivados do metabolismo secundário das plantas e estão relacionados a algumas funções de sobrevivência vegetal necessárias, exercendo papel fundamental na defesa contra microrganismos. Eles são obtidos a partir das flores, sementes, frutos, folhas, raízes, caules e outras partes da planta e podem ser extraídos de diversas maneiras. Em sua composição há substâncias como terpenos,

sesquiterpenos, acetonas, aldeídos, fenóis, dentre outros (SIQUI et al., 2000, AZAMBUJA, 2018).

Os óleos de citronela e hortelã vêm sendo testados para controle de diferentes patógenos, sendo relatados efeitos sob o crescimento micelial, interferência na esporulação e germinação de esporos de *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium subglutinans*, *Lasioidiplodia theobromae* e *Penicillium expansum* (LOPEZ-REYES et al., 2010; SEIXAS et al., 2011; SOUSA, SERRA e MELO, 2012; LOPEZ-REYES et al., 2013; NOZAKI et al., 2013; CHEN et al., 2014; PEIXINHO et al., 2017; CUEVA e BALENDRES, 2018; XUEUAN et al., 2018).

A citronela (*Cymbopogon nardus* L. Rendle) pertence à família Poaceae, sendo oriunda da Índia. Suas folhas são longas e apresentam coloração verde-clara. Pode ser plantada em vasos e jardineiras, chegando a atingir 1,8 m. É utilizada na produção de óleo essencial, que contém o composto citronelal, responsável por propriedades repelentes. Além disso, a sua essência também pode ser utilizada em perfumes, incensos, desinfetantes e armazenagem de alimentos (PRATO, 2015).

A hortelã (*Mentha* sp.) é uma planta originária da Ásia, pertence à família Lamiaceae. Suas folhas apresentam forma oval-lanceoladas e serrilhadas, pilosas, coloração verde, forte aroma refrescante e de cultivo fácil, devido ser uma planta rústica. É uma erva mundialmente conhecida, utilizada na indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética. Também é utilizada na produção de óleo essencial, onde se obtém o mentol. O seu uso mais comum é na forma de chá, devido apresentar propriedades medicinais, tais como: melhora de cólicas menstruais, calmante natural, tosse e problemas de garganta, má digestão, dentre outros (PRATO, 2013; ZANIN, 2018).

2.4.2 Produtos comerciais

Alguns produtos comerciais à base de agentes biológicos vêm sendo testados para controle de patógenos na pós-colheita, tais como: Acadian[®], Biopiról[®], Trichodermil[®], Rocksil[®], Protego[®], Agro-mos[®], Bion[®] e Natur'l óleo[®], apresentando inibição do crescimento micelial e reduzindo as infecções causadas por *Alternaria* spp., *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium guttiforme*, *Rhizopus* spp. e *Thielaviopsis ethacethica* (JUNQUEIRA et al., 2003; GOMES e SERRA, 2013; DANTAS, 2016; MELO, 2016; MELO et al., 2016; RIBEIRO, SERRA e ARAÚJO, 2016).

O Tecto[®] é um fungicida que apresenta como princípio ativo o composto Tiabendazol, o mesmo possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para utilização no manejo da Mancha de alternaria em mamão, contudo é classificado como medianamente tóxico e muito perigoso ao meio ambiente (AGROFIT, 2020).

O produto comercial Compost Aid[®] é um inoculante resultante da mistura de enzimas e das bactérias *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus plantarum* (NASCIMENTO et al., 2016; MIAMOTO et al., 2017). As bactérias *B. subtilis*, também são conhecidas como rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs) e geralmente são encontradas na rizosfera de diversas plantas. Algumas das BPCPs podem suprimir doenças devido a alguns mecanismos de ação, tais como: produção de antibióticos, antifúngicos, inibição da germinação de conídios, competição por substrato e indução de resistência (RIBEIRO, SEI e LEITE, 2018). *B. subtilis* vem se destacando como um microrganismo antagonista no controle de doenças pós-colheita causadas pelos fungos *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Guignardia citricarpa* e *Penicillium digitatum* (CHEN et al., 2007; MATTOS, 2010; KUPPER et al., 2013; OLIVEIRA, VIANA e MARTINS, 2016; PORTO, 2016; AMARO, VIEIRA e SOUSA, 2018).

O Nem Out[®] é um inoculante resultante da mistura de enzimas e dos microrganismos *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* e *Trichoderma longibrachiatum* (MIAMOTO et al., 2017). *B. licheniformis* é encontrada no solo, principalmente associada às plantas, esta bactéria tem mostrado efeitos sob o crescimento micelial e a germinação de esporos de *Botrytis mali*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Guignardia citricarpa* e *Penicillium digitatum* (GOVENDER, KORSTEN e SIVAKUMAR, 2005; JAMALIZADEH et al., 2008; MATTOS, 2010).

Os fungos do gênero *Trichoderma* são encontrados comumente nos solos e podem viver saprofiticamente, ou parasitando outros fungos, os mesmos se comportam como antagonistas a vários fitopatógenos (PINTO et al., 2014). Estes fungos se destacam no controle biológico de doenças em plantas não só no Brasil, mas também no mundo (MAREK e AZEVEDO, 2017). *T. longibrachiatum*, tem se mostrado eficaz no controle da antracnose em mamão, causada pelo fungo *C. gloeosporioides* (VALENZUELA et al., 2015).

O produto Soil Set[®] contém como princípio ativo metabólitos secundários oriundos de processos fermentativos de *Bacillus*, *Lactobacillus* e aminoácidos, segundo informações do fabricante Alltech Crop Science.

Os metabólitos secundários consistem em compostos extracelulares secretados no meio de cultura (SPECIAN et al., 2014), e que não são essenciais para o crescimento e reprodução do organismo que o produz (LOPES, 2011). Estes metabólitos podem aumentar a sobrevivência

do organismo produtor, devido a atuação dos mesmos como antibióticos, antifúngicos e antivirais (FUMAGALI et al., 2008). Existem estudos que relatam a produção de substâncias antibióticas e antifúngicas por espécies de *Bacillus* contra fungos e bactérias (HE et al., 2001; CHUNG et al., 2008; AYEDA et al., 2014).

O Enzymatic II (produto em fase de teste), segundo informações do fabricante Alltech Crop Science apresenta como ingrediente ativo apenas metabólitos secundários oriundos de processos fermentativos de *Bacillus* e *Lactobacillus*.

O produto comercial Serenade[®] é um fungicida e bactericida biológico que apresenta como princípio ativo a bactéria *Bacillus subtilis* QST 713 (AGRO BAYER, 2020).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a atividade antifúngica de óleos essenciais de citronela (*Cymbopogon nardus*) e hortelã (*Mentha* sp.), e de produtos comerciais (Compost Aid[®], Nem Out[®] e Soil Set[®], Enzimatic II e Serenade[®]) sobre a atividade antifúngica contra *Alternaria* sp. *in vitro* e *in vivo*, em mamão.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a atividade antifúngica de óleos essenciais (citronela e hortelã) e de produtos comerciais (Compost Aid[®], Nem Out[®] e Soil Set[®] e Enzimatic II) ao fungo *Alternaria* sp. *in vitro*;
- Avaliar a atividade antifúngica de óleos essenciais (citronela e hortelã) e de produtos comerciais (Compost Aid[®], Nem Out[®] e Soil Set[®], Enzimatic II e Serenade[®]) à Mancha de alternaria em frutos de mamão formosa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do patógeno

O fungo *Alternaria* sp. isolado de frutos de mamão foi obtido da Micoteca do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), o mesmo foi repicado para placas de Petri contendo meio de cultura BDA (batata dextrose ágar) com tetraciclina (0,05 g/L) que foram mantidas por 12 dias em estufa incubadora tipo BOD (*biological oxygen demand*) a 28 ± 2 °C.

4.2 Experimento *in vitro*

O ensaio *in vitro* foi realizado no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os óleos essenciais foram obtidos comercialmente e os produtos comerciais diretamente com seus respectivos representantes. O produto químico Tecto[®] foi utilizado como referencial de controle.

Os tratamentos (Tabela 1) foram incorporados ao meio de cultura BDA (batata dextrose ágar) com tetraciclina (0,05 g/L) (Figura 3A) e vertidos em placas de Petri (PEIXINHO et al., 2017) (Figura 3B), onde foram adicionados discos de 5 mm de diâmetro com colônias de *Alternaria* sp. com 12 dias de cultivo (Figura 3C). Em seguida, as placas foram mantidas em estufa incubadora tipo BOD a 28 ± 2 °C durante 21 dias. Foram utilizadas 4 repetições por tratamento, onde cada repetição consistiu de uma placa de Petri.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento *in vitro*.

Tratamentos
T1 – Testemunha absoluta (BDA)
T2 – Tecto [®] 4 mL L ⁻¹
T3 – Óleo essencial de citronela 0,25%
T4 – Óleo essencial de citronela 0,5%
T5 – Óleo essencial de citronela 0,75%
T6 – Óleo essencial de citronela 1%
T7 – Óleo essencial de citronela 1,5%

T8 – Óleo essencial de hortelã 0,25%
T9 – Óleo essencial de hortelã 0,5%
T10 – Óleo essencial de hortelã 0,75%
T11 – Óleo essencial de hortelã 1%
T12 – Compost Aid [®] 0,5 g L ⁻¹
T13 – Compost Aid [®] 1 g L ⁻¹
T14 – Compost Aid [®] 1,5 g L ⁻¹
T15 – Compost Aid [®] 2 g L ⁻¹
T16 – Compost Aid [®] 2,5 g L ⁻¹
T17 – Nem Out [®] 0,5 g L ⁻¹
T18 – Nem Out [®] 1 g L ⁻¹
T19 – Nem Out [®] 1,5 g L ⁻¹
T20 – Nem Out [®] 2 g L ⁻¹
T21 – Nem Out [®] 2,5 g L ⁻¹
T22 – Soil Set [®] 0,5 mL L ⁻¹
T23 – Soil Set [®] 1 mL L ⁻¹
T24 – Soil Set [®] 2 mL L ⁻¹
T25 – Soil Set [®] 4 mL L ⁻¹
T26 – Enzimatic II 0,5 mL L ⁻¹
T27 – Enzimatic II 1 mL L ⁻¹
T28 – Enzimatic II 2 mL L ⁻¹
T29 – Enzimatic II 4 mL L ⁻¹
T30 – Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T31 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T32 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹
T33 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T34 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹



Figura 3 – Experimento *in vitro*. (A): Incorporação dos tratamentos ao BDA; (B): BDA com os tratamentos incorporados vertidos em placas de Petri e (C): deposição de discos de 5mm do patógeno nas placas contendo os tratamentos. Fonte: Arquivo pessoal.

A avaliação do crescimento das colônias foi obtida através da medição do diâmetro micelial com paquímetro digital em duas direções perpendiculares, após 21 dias. Com os valores obtidos, foi calculado a porcentagem de inibição do crescimento micelial (P.I.C) por meio da fórmula (PEIXINHO et al., 2017):

$$\text{P.I.C.} = (\text{crescimento da testemunha} - \text{crescimento do tratamento}) / \text{crescimento da testemunha} * 100$$

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974).

4.3 Experimento *in vivo* em frutos de mamão formosa

O experimento *in vivo* foi realizado no *packing house* da Fazenda Cristal, localizado na cidade de Baraúna (RN). Os tratamentos deste ensaio foram escolhidos de acordo com os resultados *in vitro* (aqueles que apresentaram maiores porcentagens de inibição do fungo) (Tabela 2), com acréscimo do produto biológico comercial Serenade® (10 mL L⁻¹). O produto químico Tecto® foi utilizado como referencial de controle.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento *in vivo*.

Tratamentos
T1 – Testemunha absoluta (BDA)
T2 – Tecto® 4 mL L ⁻¹

T3 – Tween 20 1%
T4 – Tween 20 1,5%
T5 – Óleo essencial de citronela 1%
T6 – Óleo essencial de citronela 1,5%
T7 – Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T8 – Enzimatic II 16 mL L ⁻¹
T9 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T10 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹
T11 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹
T12 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹
T13 – Serenade® 10 mL L ⁻¹

Foram selecionados mamões sadios da variedade formosa com maturação entre 20 e 30 %. Estes foram desinfestados com hipoclorito de sódio a 150 ppm (aproximadamente 1 minuto), seguidos de lavagem em água corrente e três secagens. Foram utilizados 8 frutos por tratamento, sendo que cada repetição consistiu de um fruto de mamão.

A inoculação do fungo foi realizada em três pontos equidistantes dos frutos. Utilizou-se um furador de rolhas primeiramente flambado (5 mm de diâmetro) para fazer covas de 0,5 cm de profundidade e nos locais foram depositados disco de 5 mm de diâmetro da cultura de *Alternaria* sp. No tratamento controle foram colocados discos de meio de cultura BDA de mesmo diâmetro. Os frutos foram mantidos por 30 minutos em temperatura ambiente (30 °C), antes de aplicar os tratamentos (CHEN et al., 2014).

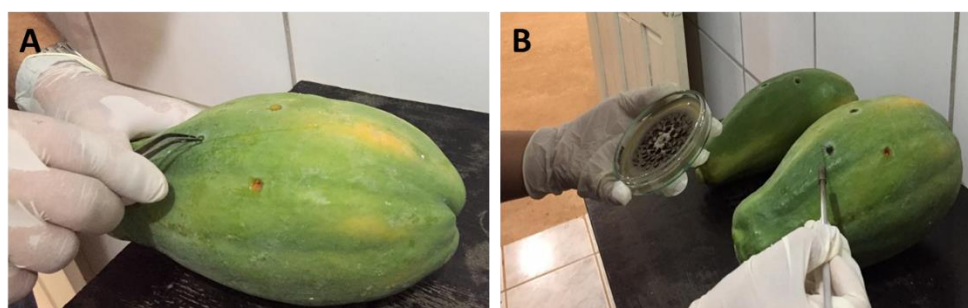


Figura 4 – Inoculação de *Alternaria* sp. em mamão. (A): remoção do disco de 5 mm do fruto e (B): deposição de disco de 5 mm de diâmetro contendo estruturas do fungo. Fonte: Arquivo pessoal.

Após este período, os frutos foram pulverizados utilizando borrifadores com os respectivos tratamentos até o ponto de escorrimento. Em seguida, os frutos secaram a temperatura ambiente (30 minutos), a temperatura ambiente (30 °C) e foram pulverizados com a cera comercial Aruá®. Após a secagem completa dos frutos, estes foram embalados, depositados em caixas de comercialização e mantidos em câmara fria a 10 ± 2 °C e $90 \pm 5\%$ UR, durante 21 dias.

Os produtos comerciais foram diluídos em ADE (água destilada esterilizada) e os óleos essenciais foram diluídos em ADE e Tween 20 na proporção de 1:1 (VICENÇO et al., 2017). A testemunha consistiu de ADE.

Os dados de crescimento das colônias foram obtidos através da medição do diâmetro micelial com paquímetro digital em duas direções perpendiculares, após 21 dias. Com os valores obtidos, foi calculado a porcentagem de inibição do crescimento micelial (P.I.C) por meio da fórmula (PEIXINHO et al., 2017):

$$\text{P.I.C.} = (\text{crescimento da testemunha} - \text{crescimento do tratamento}) / \text{crescimento da testemunha} * 100$$

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. A análise estatística foi realizada através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas não paramétricas a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento *in vitro*

No ensaio *in vitro*, os tratamentos óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II (8 mL L⁻¹), óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II (16 mL L⁻¹), óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II (8 mL L⁻¹) e óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II (16 mL L⁻¹) inibiram 100 % do crescimento micelial de *Alternaria* sp., durante 21 dias, diferindo estatisticamente da testemunha e do Tecto[®] produto utilizado como referencial de controle (Tabela 3).

O produto comercial Tecto[®] inibiu 55,54% do crescimento do patógeno e não diferiu estatisticamente dos tratamentos óleo de citronela 0,75% e Enzimatic II 8 mL L⁻¹ (Tabela 3).

O óleo de citronela e o Enzimatic II apresentaram maiores porcentagens de inibição do crescimento de *Alternaria* sp. quando utilizados em combinações.

Tabela 3 – Porcentagem de inibição do crescimento micelial (%) de *Alternaria* sp. *in vitro* submetida a diferentes tratamentos.

Tratamentos	P.I.C (porcentagem de inibição do crescimento micelial) (%)
T1 – Testemunha absoluta (BDA)	0,00 d
T2 – Tecto [®] 4 mL L ⁻¹	55,54 b
T3 – Óleo essencial de citronela 0,25%	31,69 c
T4 – Óleo essencial de citronela 0,5%	30,87 c
T5 – Óleo essencial de citronela 0,75%	60,23 b
T6 – Óleo essencial de citronela 1%	79,01 a
T7 – Óleo essencial de citronela 1,5%	93,09 a
T8 – Óleo essencial de hortelã 0,25%	0,00 e
T9 – Óleo essencial de hortelã 0,5%	0,00 d
T10 – Óleo essencial de hortelã 0,75%	0,00 e
T11 – Óleo essencial de hortelã 1%	4,17 d

T12 – Compost Aid® 0,5 g L ⁻¹	0,00 e
T13 – Compost Aid® 1 g L ⁻¹	0,37 d
T14 – Compost Aid® 1,5 g L ⁻¹	23,96 c
T15 – Compost Aid® 2 g L ⁻¹	2,14 d
T16 – Compost Aid® 2,5 g L ⁻¹	8,81 d
T17 – Nem Out® 0,5 g L ⁻¹	0,00 e
T18 – Nem Out® 1 g L ⁻¹	5,02 d
T19 – Nem Out® 1,5 g L ⁻¹	25,96 c
T20 – Nem Out® 2 g L ⁻¹	8,26 d
T21 – Nem Out® 2,5 g L ⁻¹	0,00 e
T22 – Soil Set® 0,5 mL L ⁻¹	38,78 c
T23 – Soil Set® 1 mL L ⁻¹	41,68 c
T24 – Soil Set® 2 mL L ⁻¹	43,67 c
T25 – Soil Set® 4 mL L ⁻¹	64,30 d
T26 – Enzimatic II 0,5 mL L ⁻¹	87,81 a
T27 – Enzimatic II 1 mL L ⁻¹	9,26 d
T28 – Enzimatic II 2 mL L ⁻¹	29,41 c
T29 – Enzimatic II 4 mL L ⁻¹	41,06 c
T30 – Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	62,02 b
T31 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	100,00 a
T32 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹	100,00 a
T33 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	100,00 a
T34 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹	100,00 a

* Médias diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os tratamentos óleo essencial de citronela 1% e óleo essencial de citronela 1,5% inibiram 79,01 e 93,09 % respectivamente do crescimento micelial de *Alternaria* sp. *in vitro*, contudo não diferiram estatisticamente dos tratamentos que inibiram 100 % o

crescimento do patógeno, mas diferiram estatisticamente do Tecto[®], apresentando maiores porcentagens de inibição (Tabela 3).

Os componentes majoritários do óleo essencial de citronela são o citronelal (47,12%), geraniol (18,56%) e citronelol (11,07%) (ANDRADE et al., 2012). Segundo Seixas et al. (2011) a atividade antifúngica do óleo ocorre devido ao sinergismo entre os compostos existentes no óleo. Os resultados obtidos corroboram aos encontrados por Porcino (2018), quando estudou a atividade antifúngica *in vitro* de diversos óleos essenciais, ele observou que o óleo essencial de citronela a 1%, inibiu completamente o crescimento de *A. alternata*.

Segundo Cueva e Balendres (2018), o óleo de citronela é capaz de inibir o crescimento micelial de *C. acutatum*, isolado de pimenta nas concentrações de 0,25; 1,25 e 2,5 $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$, reduzindo a germinação de conídios e inibindo o alongamento do tubo germinativo na concentração de 1,25 $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$.

Chen et al. (2014) realizou um estudo com diferentes concentrações do óleo essencial de citronela (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$) no controle *in vitro* de *A. alternata*, constatando que apenas a concentração de 1 $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ inibiu 100 % do crescimento do patógeno. O óleo de citronela, nas concentrações de 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,25 $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$, inibiu o crescimento de *Sclerotium rolfsii* (BRUM et al., 2014).

O tratamento Enzimatic II (0,5 mL L⁻¹) inibiu 87,81% do crescimento de *Alternaria* sp. *in vitro*, e não diferiu estatisticamente dos tratamentos que inibiram 100 % o crescimento do patógeno. Os antibióticos antifúngicos, que são metabólitos secundários produzidos por microrganismos, têm capacidade de controlar biologicamente fungos pós-colheita (KLISH et al., 1993; MELO, 2005). Várias espécies de *Bacillus* são produtoras de antibióticos, podendo secretar metabólitos e enzimas (BETTIOL; GHINI, 1995). Metabólitos produzidos por isolados de *Bacillus subtilis* demonstraram antagonismo frente ao *Colletotrichum gloeosporioides* isolado de pimenta (AMARO, VIEIRA e SOUSA, 2018). Junior et al. (2017) detectou que metabólitos termooestáveis produzidos por isolados de *B. subtilis* inibiram o crescimento micelial de *Fusarium subglutinans*, *Curvularia lunata* e *Bipolaris* spp.

Chen et al. (2007) ao estudar os efeitos antagônicos de compostos voláteis gerados por *B. subtilis* na germinação de esporos e crescimento da hifa de *Botrytis cinerea* identificou 14 compostos voláteis antifúngicos que inibiram o desenvolvimento do patógeno.

5.2 Experimento *in vivo* em frutos de mamão formosa

Os tratamentos Tween 20 1,5% e Serenade® (10 mL L⁻¹) se apresentaram melhores que os demais tratamentos, contudo não diferiram estatisticamente da testemunha. O Tecto®, produto utilizado como referencial de controle apresentou 0 % de inibição.

Tabela 4 – Porcentagem de inibição do crescimento micelial (%) de *Alternaria* sp. *in vivo* submetida a diferentes tratamentos.

Tratamentos	P.I.C (porcentagem de inibição do crescimento micelial) (%)
T1 – Testemunha absoluta (BDA)	0,00 abc
T2 – Tecto® 4 mL L ⁻¹	0,00 c
T3 – Tween 20 1%	0,00 bc
T4 – Tween 20 1,5%	17,19 a
T5 – Óleo essencial de citronela 1%	2,69 abc
T6 – Óleo essencial de citronela 1,5%	0,00 abc
T7 – Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	0,00 c
T8 – Enzimatic II 16 mL L ⁻¹	0,00 c
T9 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	0,00 abc
T10 – Óleo essencial de citronela 1% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹	0,00 a
T11 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 8 mL L ⁻¹	16,05 ab
T12 – Óleo essencial de citronela 1,5% + Enzimatic II 16 mL L ⁻¹	0,00 c
T13 – Serenade® 10 mL L ⁻¹	18,94 a

* A análise estatística foi realizada através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas não paramétricas a 5% de probabilidade.

Os tratamentos Tween 20 (1,5%) e Serenade® (10 mL L⁻¹) inibiram 17,19 e 18,94%, respectivamente, do crescimento do patógeno. Embora não tenham diferido

estatisticamente da testemunha, numericamente proporcionaram menor crescimento micelial *in vivo*.

As espécies de *B. subtilis* são eficazes na prevenção e controle de diversas doenças causadas por fungos fitopatogênicos, inibindo a germinação de esporos e o crescimento do tubo germinativo e micelial dos fungos (D'AGOSTINO e MORANDI, 2009). O antagonismo direto pode ocorrer devido a síntese de substâncias antimicrobianas, competição por espaço e nutrientes e a síntese de compostos voláteis (LEELASUPHAKUL et al., 2008).

Moreira, Nesi e May de Mio (2014) detectaram que o principal modo de ação do Serenade® em *Colletotrichum acutatum* foi através da produção de metabólitos termoestáveis que foram capazes de inibir 100 % do crescimento micelial.

Ao estudar o controle da podridão dos cachos de uvas finas de mesa, causada por *C. gloesporioides*, Naves et al. (2008) observou que o Serenade® foi capaz de reduzir 72% da podridão de uvas.

Isolados de *B. subtilis* inibiram totalmente o crescimento de *C. gloesporioides*, isolado de pimenta, quando em contato direto com o patógeno (AMARO, VIVEIRA e SOUSA, 2018). Nogueira et al. (2011) controlou satisfatoriamente o oídio em meloeiro com a aplicação preventiva de Serenade® na dose de 7,5 mL L⁻¹.

Mattos (2010) observou que o Serenade® na concentração de 10⁵ conídios/mL controlou o bolor verde, causado pelo fungo *Penicillium digitatum*, em laranja, inibindo a germinação e o crescimento micelial do patógeno.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As combinações do óleo de citronela e do produto Enzimatic II conseguiram inibir 100% do crescimento micelial do patógeno no experimento *in vitro*, contudo não conseguiram controlar o desenvolvimento do fungo no experimento *in vivo*. Apenas os tratamentos Tween 20 (1,5%) e Serenade® (10 mL L⁻¹) conseguiram reduzir 17,19 e 18,94%, respectivamente, do crescimento micelial de *Alternaria* sp. *in vivo*, dessa forma, ainda é necessário a realização de novos trabalhos, com diferentes dosagens para a avaliação do controle da mancha de alternaria em mamão.

REFERÊNCIAS

AGROFIT – **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 jan. 2020.

AGROSTAT – **Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AGROBAYER – **Serenade® fungicida bactericida microbiológico**. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/serenade>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

AMARO, J. K. C.; VIEIRA, B. S.; SOUSA, L. A. Biological control of *Colletotrichum gloeosporioides* in pepper with isolates of *Bacillus subtilis*. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 93, n. 2, p. 195-209, 2018. Disponível em: <<http://www.revistadeagricultura.inf.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/3299>>. Acesso em: 08 set. 2018.

ANDRADE, M. A. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana1. **Rev. Ciênc. Agron.**, 400 v. 43, n. 2, p. 399-408, abr-jun, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902012000200025>. Acesso em: 13 jan. 2020.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2018**. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura/>>. Acesso em 15 jan. 2010.

AYEDA, H. B. et al. Identification and biochemical characteristics of lipopeptides from *Bacillus mojavensis* A21. **Process Biochemistry**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 1699-1707, 2014. Disponível em: <<https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1030531389>>. Acesso em: 08 set. 2018.

AZAMBUJA, Wagner. **O que são óleos essenciais?** Disponível em: <<http://www.oleosessenciais.org/o-que-sao-oleos-essenciais/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BAUTISTA-BAÑOS, S. et al. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 9-20, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219413000471>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

BERNARDO, R. et al. Atividade fungitóxica in vitro de extratos vegetais sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 89-93, abr./jun., 2015. Disponível em: <<http://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/9177>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BETTIOL, W.; GHINI, Controle Biológico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. São Paulo: Ceres, P.717-728. 1995.

BRUM, R. B. C. S. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n.3, p.361-371, jul./set., 2014. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/471>>. Acesso em: 11 fev. De 2020.

CAPDEVILLE, G.; SANTOS, J. R. P. **Metodologia para seleção e teste de microrganismos epífitas de frutos de mamão para utilização em controle biológico contra *Colletotrichum gloeosporioides***. Boletim de Pesquisas e desenvolvimento – Embrapa, 21p., 2005.

CASTRO, Fábio. **Análise identifica resíduos de agrotóxicos em 60% das amostras de 12 tipos de alimentos**. Disponível em: <<https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,analise-identifica-residuos-de-agrotoxicos-em-60-das-amostras-de-12-tipos-de-alimentos,70002067477>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

CHEN, H. et al. Antagonistic effects of volatiles generated by *Bacillus subtilis* on spore germination and hyphal growth of the plant pathogen, *Botrytis cinerea*. **Biotechnol Lett**, v. 30, p. 919–923, 2007. Disponível em<<https://link.springer.com/article/10.1007/s10529-007-9626-9>>. Acesso em: 08 set. 2018.

CHEN, Q. et al. Effect of citronella essential oil on the inhibition of postharvest *Alternaria alternata* in cherry tomato. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 12, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24425449>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

CHUNG, S. et al. Isolation and partial characterization of *Bacillus subtilis* ME488 for suppression of soilborne pathogens of cucumber and pepper. **Applied Microbial**

Biotechnology, Berlin, v. 80, n. 1, p. 115-123, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18542950>>. Acesso em: 08 set. 2018.

CUEVA, F. D.; BALENDRES, M. A. Efficacy of citronella essential oil for the management of chilli anthracnose. **European Journal of Plant Pathology**, p. 1-8; 2018; Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-018-1491-y#citeas>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

D'AGOSTINO, F.; MORANDI, M. A. B. **Análise da viabilidade comercial de produtos à base de *Bacillus Subtilis* e *Bacillus Pumilus* para o controle de fitopatógenos no Brasil**. In: **Biocontrole de doenças de plantas: Uso e perspectivas**. (BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.) 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. Capítulo 20. p. 299-316.

DANTAS, S. A. F. et al. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 528-533, set./out. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fb/v28n5/17667.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

DANTAS, Andréia Mirne de Macêdo. **Controle alternativo de doenças pós-colheita em mamão formosa 'TAINUNG 01'**. 2016. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wpcontent/uploads/sites/45/2015/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-2016-ANDR%C3%89A-MIRNE-DE-MAC%C3%8ADO-DANTAS.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DANTAS, Tiago. **Mamão**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/mamao.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

ECOINVENTOS – **Las grandes propiedades y beneficios de la papaya**. Disponível em: <<https://ecoinventos.com/papaya/#ixzz4Nfgy3gY5>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

FATIMA, N. et al. Prevalence of post-harvest rot of vegetables and fruits in Karachi, Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 41, n. 6, p. 3185-3190, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286156476_Prevalance_of_post-harvest_rot_of_vegetables_and_fruits_in_Karachi_Pakistan>. Acesso em: 25 ago. 2018.

FERREIRA NETO, Pedro Duarte. **Efeito fungitóxico do óleo essencial de *Lippia gracilis* sobre *Alternaria* spp.** 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp->

content/uploads/sites/45/2015/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-2016-PEDRO-DUARTE-FERREIRA-NETO.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2018.

FORMIGONI, Ivan. **Mamão agrada o paladar e a saúde dos brasileiros**. Disponível em: <<http://www.foodnewsoficial.com.br/noticias-e-eventos/mamao/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

FUMAGALI, E. et al. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 627-641, Out./Dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-695X2008000400022&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 08 out. 2018.

GAJANANA, T. M. et al. Post harvest handling, marketing and assessment of losses in papaya. **Acta horticulturae**, v. 851, p. 519-526, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283177306_Post_harvest_handling_marketing_and_assessment_of_losses_in_papaya>. Acesso em: 25 ago. 2018.

GOMES, E. C.; SERRA, I. M. R. S. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós colheita. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.4, p.290-292, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-54052013000400011&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 07 set. 2018.

GOMES, M.S.O. **Conservação pós-colheita: frutas e hortaliças**. Brasília. Embrapa-SPI. 1996. 134 p.

GOVENDER, V.; KORSTEN, L.; SIVAKUMAR, D. Semi-commercial evaluation of *Bacillus licheniformis* to control mango postharvest diseases in South Africa. **Postharvest Biology and Technology**, v. 38, p. 57–65, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521405000852>>. Acesso em: 08 set. 2018.

HE, H. et al. Circulocins, new antibacterial lipopeptides from *Bacillus circulans*, J2154. **Tetrahedron**, Oxford, v. 57, n. 7, p. 1189-1195, 2001. Disponível em: <<https://www.infona.pl/resource/bwmata1.element.elsevier-44396b52-4be2-3b8a-a23d-3e7ab3e10af4>>. Acesso em: 08 set. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal 2018**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisa>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

JAMALIZADEH, M. et al. Biological Control of Gray Mold on Apple Fruits by *Bacillus licheniformis* (EN74-1). **Phytoparasitica**, v. 36, n. 1, p. 23-29, 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02980744>>. Acesso em: 08 set. 2018.

JORGE, N.; MALACRIDA, C. R. Extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) como fonte de antioxidantes naturais. **Revista de Alimentos de Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p.337-340, jul./set. 2008. Disponível em: <<http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/638/536>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

JUNQUEIRA, N. T. V. et al. **Potencial de defensivos biológicos no controle da antracnose e na conservação de bananas na pós-colheita**. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento – Embrapa, 14p., 2003.

JUNIOR, G. M. B. et al. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* in vitro. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/biota>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

KLISH, M. A. et al. Influence of iturin A on mycelial weight and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* in shake culture. **Mycopathologia**, v.123, p. 35-38, 1993. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01103486>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

KUPPER, K. C. et al. Avaliação de microrganismos antagonicos, *Saccharomyces cerevisiae* e *Bacillus subtilis* para o controle de *Penicillium digitatum*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 425-436, Jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n2/11.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

LEELASUPHAKUL, W. et al. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. Postharvest. **Biology and Technology**, v.48, p.113-121, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223052042_Growth_inhibitory_properties_of_Bacillus_subtilis_strains_and_their_metabolites_against_the_green_mold_pathogen_Penicillium_digitatum_Sacc_of_citrus_fruit>. Acesso em: 15 jan. 2020.

LOPES, Fernanda Cortez. **Produção e análise de metabólitos secundários de fungos filamentosos**. Porto Alegre, 2011. 130f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular: Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/33266>>. Acesso em: 08 set. 2018.

LOPEZ-REYES, J. G. et al. Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples in vivo. **Flavour and Fragrance Journal**, v.

25, p. 171–177, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ffj.1989>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

LOPEZ-REYES, J. G. et al. Efficacy of Plant Essential Oils on Postharvest Control of Rots Caused by Fungi on Different Stone Fruits In Vivo. **Journal of Food Protection**, v. 76, n. 4, p. 631-639, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23575125>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

MARCONDES, M. M. et al. Influência de diferentes extratos aquosos de plantas medicinais no desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides* e de *Fusarium moniliforme*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v.16, n. 4, p.896-904, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722014000400016>. Acesso em: 23 abr. 2018.

MAREK, Janaina; AZEVEDO, Dione. **Trichoderma controla doenças e estimula crescimento**. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/trichoderma-controla-doencas-e-estimula-crescimento-2/>>. Acesso em: 08 set. 2018.

MARIANI, P. M. et al. Efeitos quimiopreventivo e antimutagênico *in vivo* do extrato hidroetanólico de frutos de *Carica papaya* L. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 18, n. 3, p.381-390, 2013. Disponível em: <<http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2013/cpm133f.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MARTIN-MEX, R. et al. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya* L.). **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, Texcoco, v. 3, n. 8, p. 1637-1643, nov./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n8/v3n8a13.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

MATTOS, Liliana Patrícia Vital. **Controle de *Guignardia citricarpa* e *Penicillium digitatum* em pós-colheita de frutos de laranja com óleos essenciais e agentes de biocontrole**. Botucatu, 2010. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia: Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_54413f4437dd97d8b3559985ad4b0121>. Acesso em: 08 set. 2018.

MELO, Flávia Mandolesi Pereira de. **Atividade antifúngica de metabólitos secundários produzidos pelo endófito de mandioca *Bacillus pumilus* MAIIM4a**. 2005. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba-SP, 2005. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-18072005-152305/publico/FlaviaMelo.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

MELO, Luiz Gustavo de Lima. **Indução de resistência no manejo da fusariose e podridão negra do abacaxi**. 2016. 72f. Tese (Doutorado em Fitopatologia: Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, 2016. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6020/2/Luiz%20Gustavo%20de%20Lima%20Melo.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2018.

MELO, L. G. L. et al. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1703-1709, out. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n10/1678-3921-pab-51-10-01703.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2018.

MIAMOTO, A. et al. Alternative products for *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne javanica* management in soya bean plants. **Journal of Phytopathology**; v. 165, p. 635–640, 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jph.12602>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Relação de produtos exportados pelo Brasil em agosto de 2015**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MOREIRA, R. R.; NESI, C. N.; MIO, L. L. *Bacillus* spp. and *Pseudomonas putida* as inhibitors of the *Colletotrichum acutatum* group and potential to control Glomerella leaf spot. **Biological control**, Amsterdam, v. 72, p. 30-37, 2014. Disponível em: <<http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=SJES14032300121850&dbcode=SJES>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

MUKAY, T. et al. Diagnóstico de las enfermedades fungosas de mayor incidencia durante la poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L.), el mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Miller) en tres localidades frutícolas de Cuba. **Revista Citri Frut**, v. 27, n. 2, jul./dic. 2010. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2011900017>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

NASCIMENTO, L. C. et al. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência e fungicida. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 313-319, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86212008000300003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 23 abr. 2018.

NASCIMENTO, S. R. C. et al. Sobrevivência de estrutura de resistência de *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotium rolfsii* em solo tratado biologicamente. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 50-56, jan./mar., 2016. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/download/2947/1972>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

NAVES, R. L. **Controle da podridão dos cachos em uvas finas de mesa com os biofungicidas Serenade, Sonata e *Clonostachys rosea***. XII Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia – Anais, 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/543158/1/CONCEICAO.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

NERY-SILVA, F. A. et al. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1374-1379, set./out. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n5/15.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

NOGUEIRA, D. R. S. et al. Eficiência de *Bacillus subtilis* e *B. pumilus* no controle de *Podosphaera xanthii* em meloeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: GRUPO VERDE DE AGRICULTURA ALTERNATIVA**, Mossoró, v. 6, n. 3, p.125-130, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/764/681>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

NOZAKI, M. H. et al. Controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de goiabeira com óleos essenciais. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. 53-57, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11372/10709>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

OLIVEIRA, E. S.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. Alternativas a Fungicidas Sintéticos no Controle da Antracnose da Banana. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.4, p.340-350, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v42n4/0100-5405-sp-42-4-0340.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

ONIHA, M.; EGWARI, L. Fruit, leaf and stem diseases of *Carica papaya* L. **Agriculture & Food**, v. 3, p. 398-407, 2015. Disponível em: <<http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/9164/#.W5WmSehKjIU>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PATRO, Raquel. **Mamão – *Carica papaya***, 2015. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/mamao-carica-papaya.html>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

PATRO, Raquel. **Citronela - *Cymbopogon winterianus***, 2015. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/citronela-cymbopogon-winterianus.html>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

PATRO, Raquel. **Hortelã – *Mentha* sp.**, 2013. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/hortela-mentha-sp.html>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

PEIXINHO, G. S. et al. Ação do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis*) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 1, p. 32-35, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v43n1/0100-5405-sp-43-1-0032.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

PINTO, Z. V.; CIPRIANO, M. A. P.; SANTOS, A. S.; PFENNING, L. H.; PATRICIO, F. R. A. Control of lettuce bottom rot by isolates of *Trichoderma* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 2, p. 141-146, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v40n2/v40n2a06.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

PORCINO, Mirelly Miguel. **Óleos Essenciais no Manejo da Mancha Marrom de Alternaria em tangerineira ‘Dancy’**. 2018. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areias-PB. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15666>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

PORTO, Bianca Luzardo. **Avaliação do potencial de controle biológico da mancha marrom de alternaria com *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis* e fertilizante organomineral**. Caxias do Sul. 2016. 62f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia: Biotecnologia) – Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/2690/Dissertacao%20Bianca%20Luzardo%20Porto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 08 set. 2018.

REZENDE, J. A. M.; FANCELLI, M. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (org.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997. p. 452-465.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U .P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.160-164, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v42n2/0100-5405-sp-42-2-0160.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2018.

RIBEIRO, Rodrigo; SEI, Fernando Bonafé; LEITE, Maria Silvia. ***Bacillus subtilis*: agente de controle biológico e promotor de crescimento em plantas**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24104&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 08 set. 2018.

ROCHA, R. H. C. et al. Característica físico-química e incidência de patógenos fúngicos em mamão Formosa comercializado no sertão paraibano. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 199-205, jun./dez., 2015. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev172/Art1729.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SANTOS, S. A. et al. Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 116-122, abr./jun. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a13.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfXz71qDkDx1.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SEIXAS, P. T. L. et al. Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 13, especial, p. 523-526, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722011000500003&script=sci_abstract>. Acesso em: 29 ago. 2018.

SILVA, J. L. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o crescimento in vitro de fitopatógenos. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n. 1, p. 80-86, jan./mar., 2012. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/841>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

SILVA, V. S. **Armazenamento pós-colheita de frutos do mamoeiro Formosa "Tainung 01" recobertos com extratos à base de nim (*Azadirachta indica* Juss)**. 126f. Dissertação (Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal do Ceará, 2014. Disponível em: <https://ifce.edu.br/limoeirodonorte/arquivos_pgta/dissertacoes/freitas_r_v_s_2014_mta_ifce.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

SIMÃO, Salim. **Tratado de fruticultura. 1. ed.** Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.

SIQUI, A. C.; SAMPAIO, A. L. F.; SOUSA, M. C.; HENRIQUES, M. G. M. O.; RAMOS, M. F. S. Óleos essenciais – potencial anti-inflamatório. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 16, p. 38-43, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000086&pid=S0102-695X200600010001400030&lng=en>. Acesso em: 29 ago. 2018.

SOUSA, R. M. S; SERRA, I. M. R. S; MELO, T.A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa**

Phytopathologica, v.38, n.1, p.42-47, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v38n1/v38n1a07.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

SPECIAN, V. et al. Metabólitos Secundários de Interesse Farmacêutico Produzidos por Fungos Endofíticos. **UNOPAR Científica: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 16, n. 4, p. 345-351, 2014. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/JHealthSci/article/view/393>>. Acesso em: 08 set. 2018.

SUÁREZ-QUIROZ, M. L. et al. Aislamiento, identificación y sensibilidad a antifúngicos de hongos fitopatógenos de Papaya cv. Maradol (*Carica papaya* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Post-cosecha**, Hermosillo, v. 14, n. 2, p. 115-124, abr./jun., 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/813/81329290004.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. *Alternaria* spp. em oleráceas: sintomas, etiologia, manejo e fungicidas. **Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 21-34, jan./jun. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281294712_ALTERNARIA_SPP_EM_OLERACEAS_SINTOMAS_ETIOLOGIA_MANEJO_E_FUNGICIDAS>. Acesso em: 28 ago. 2018.

TRINDADE, A. V. et al. **Mamão produção: aspectos técnicos. 1. ed.** Brasília: Embrapa, 2000.

TRINDADE, A. V. et al. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed.** Brasília: Embrapa, 2013.

VALENZUELA, N. L.; ANGEL, D. N.; ORTIZ, D. T.; ROSAS, R. A.; GARCÍA, C. F. O.; SANTOS, M. O. Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp. on maradol papaya fruit. **Biological Control**, v. 91, p. 88-93, 2015. Disponível em: <<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-5fffde1a-15f3-322d-bcca-ba39020f3992>>. Acesso em: 08 set. 2018.

VÁSQUEZ-LOPEZ, A. et al. Etiología y epidemiología de la necrosis de flores y frutos juveniles del papayo (*Carica papaya* L.) en Guerrero, México. **Agrociencia**, v. 46, p. 757-767, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n8/v46n8a2.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

VIANA, F. M. P. et al. Queima-de-alternaria: nova doença foliar do mamoeiro no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 4, p. 381-382, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v40n4/a16v40n4.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

VICENÇO, C. B. et al. Composição química e atividade *in vitro* de óleos essenciais sobre a mancha púrpura da soja. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 2, n. 4, p. 12-16, 2017. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/ricaucs/article/view/5562>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

WILSON, Charles L.; WISNIEWSKI, Michael E. **Biological control of postharvest plant diseases of fruits and vegetables: theory and practice**. Boca Raton: CRC Press, 1994.

XUEUAN, R. et al. Effect of mint oil against *Botrytis cinerea* on table grapes and its possible mechanism of action. **European Journal of Plant Pathology**, v. 151, n. 2, p. 321-328, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10658-017-1375-6#citeas>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

ZANIN, Tatiana. **Benefícios do chá de hortelã**. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/beneficios-do-cha-de-hortela/>. Acesso em: 29 ago. 2018.