



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

KEVISON ROMULO DA SILVA FRANÇA

POTENCIAL FUNGITÓXICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis*
(SCHAUER) *IN VITRO* SOBRE FITOPATÓGENOS

POMBAL – PB

2019

KEVISON ROMULO DA SILVA FRANÇA

**POTENCIAL FUNGITÓXICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis*
(SCHAUER) *IN VITRO* SOBRE FITOPATÓGENOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais PPGSA, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG/CCTA

Orientador: Prof. D.Sc. Tiago Augusto Lima Cardoso

Co-orientador: Prof. D.Sc. Antônio Francisco de Mendonça Júnior

POMBAL – PB

2019

F814p

França, Kevison Romulo da Silva.

Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Lippia gracilis* (Schauer) *in vitro* sobre fitopatógenos / Kevison Romulo da Silva França. – Pombal, 2019.

56 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Tiago Augusto Lima Cardoso".

Referências.

1. Preparados Antifúngicos – Controle Alternativo. 2. Fungos Fitopatogênicos. 3. Fungitoxidade. 4. Óleo Essencial (*Lippia gracilis*) – Controle Antifúngico Alternativo. I. Cardoso, Tiago Augusto Lima.
II. Título.

CDU 632.952(043)

KEVISON ROMULO DA SILVA FRANÇA

**POTENCIAL FUNGITÓXICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis*
(SCHAUER) *IN VITRO* SOBRE FITOPATÓGENOS**

APROVADA EM: 14 de junho de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. D.Sc. Tiago Augusto Lima Cardoso

Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA – UFCG, Pombal–PB

Orientador



Prof. D.Sc. Everton Vieira da Silva

Centro de Formação de Professores – CFP – UFCG, Cajazeiras-PB

Avaliador interno



Prof. D.Sc. Helber Rangel Formiga Leite de Almeida

Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA – UFCG, Pombal–PB

Avaliador externo

POMBAL – PB

2019

RESUMO

Doenças pré e pós colheita causadas por fungos fitopatogênicos ocasionam um impacto significativo na agricultura a nível mundial, estando associadas a reduções no lucro devido às perdas durante todas as etapas da produção. Visando fornecer um produto ambientalmente seguro para o controle dessas doenças, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito *in vitro* do óleo essencial de *Lippia gracilis* sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com oito tratamentos em cinco repetições cada. O óleo essencial foi incorporado ao meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) e vertido em placas de Petri. Os tratamentos foram compostos por diferentes concentrações do óleo (0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 e 0,2%), uma testemunha negativa (0,0%) e duas testemunhas positivas suplementadas com fungicidas comerciais. As placas foram inoculadas com os fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. musae*, *C. fructicola*, *C. asianum*, *Alternaria alternata*, *A. brassicicola*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum f. sp. cubense* e *Lasiodiplodia theobromae* e incubadas durante sete dias a $27\pm 2^{\circ}\text{C}$. Para verificar a diferença entre os tratamentos, as seguintes variáveis foram estimadas: porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) e índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM). Todas as concentrações testadas exerceram inibição sobre o crescimento micelial dos fitopatógenos avaliados. A inibição total do crescimento foi obtida em concentrações que variaram de 0,0125 a 0,1%. O óleo essencial de *L. gracilis* inibiu totalmente o crescimento micelial de todos os fungos avaliados apresentando efeito similar ou superior aos fungicidas sintéticos Tiram e Mancozebe.

Palavras-chave: controle alternativo; fungos fitopatogênicos; fungitoxidade.

ABSTRACT

Pre and post-harvest diseases caused by phytopathogenic fungi have a significant impact on agriculture worldwide, leading to reductions in profit due to significant losses during all stages of production. This study evaluates the *in vitro* effect of the essential oil of *Lippia gracilis* on phytopathogenic fungi aiming to provide an environmentally safe product for the control of plant diseases. The experiment was carried out in a completely randomized experimental design with eight treatments in five replicates each. The essential oil was incorporated into the PDA culture medium (Potato-Dextrose-Agar) and poured into Petri dishes. The treatments comprised different concentrations of the oil (0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, and 0.2%), a negative control (0.0%), and two positive controls supplemented with commercial fungicides. The plates were inoculated with the fungi *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. musae*, *C. fructicola*, *C. asianum*, *Alternaria alternata*, *A. brassicicola*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, and *Lasiodiplodia theobromae* and incubated for seven days at $27\pm 2^{\circ}\text{C}$. To verify the difference among treatments, we measured the following variables: percentage of mycelial growth inhibition (PGI) and index of mycelial growth speed (IMGS). All the oil concentrations of *L. gracilis* inhibited the mycelial growth of the evaluated fungi. The complete inhibition occurred at concentrations from 0.0125 to 0.1%. The treatments with oil had similar or higher efficiency than commercial fungicides.

Keywords: alternative control; phytopathogenic fungi; fungitoxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Procedimentos de incorporação dos tratamentos ao meio de cultura e inoculação dos fungos fitopatogênicos.....	26
Figura 2	Efeito das diferentes concentrações do óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos.....	28
Figura 3	Comparação do crescimento micelial de fungos fitopatogênicos em diferentes concentrações do óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> e nos tratamentos testemunha.....	29
Figura 4	Porcentagem de inibição de crescimento de fitopatógenos em diferentes concentrações do óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> e nos tratamentos testemunha.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Lista de fungos controlados por óleos essenciais de diferentes espécies vegetais.....	20
Tabela 2	Lista de óleos essenciais de espécies do gênero <i>Lippia</i> no controle de fitopatógenos.....	23
Tabela 3	Concentrações inibitórias mínimas do óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> frente a diferentes fungos fitopatogênicos.....	30
Tabela 4	Média dos índices de velocidade de crescimento micelial ($\text{cm dia}^{-1} \pm \text{DP}$) de fungos fitopatogênicos na concentração inibitória mínima do óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> e nos tratamentos testemunha.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Doenças causadas por fungos em espécies cultivadas	11
2.1.1	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc	11
2.1.2	<i>Colletotrichum musae</i> (Berkeley & Curtis) Arx.	12
2.1.3	<i>Colletotrichum fructicola</i> e <i>Colletotrichum asianum</i> (Prihastuti, L. Cai & K.D. Hyde).....	13
2.1.4	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	13
2.1.5	<i>Alternaria brassicicola</i> (Schwein) Wiltshire	14
2.1.6	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. cubense (E.F. Smith) Snyder & Hansen	14
2.1.7	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	16
2.1.8	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Patouillard) Griffon & Maublanc	16
2.2	Tratamento convencional contra fitopatógenos	17
2.3	Óleos essenciais como método alternativo no controle de fitopatógenos	19
2.3.1	Óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> (Schauer).....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Local dos experimentos e obtenção dos materiais	25
3.2	Tratamentos e delineamento experimental	25
3.3	Instalação e condução do experimento	26
3.4	Análise estatística	27
4	RESULTADOS	28
5	DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa importante posição no comércio internacional do agronegócio. Como um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo (BUENO; BACCARIN, 2012), sendo considerado também o país com maior potencial agrícola. Além da importância mundial, o agronegócio nacional tem exercido um papel fundamental nas dinâmicas econômicas e sociais do país, estando inserido na economia de todos os estados brasileiros, gerando emprego e renda para várias famílias. Vários fatores contribuem para a expansão e consolidação desse mercado, como as condições climáticas favoráveis, uma quantidade significativa de terras cultiváveis e mão de obra qualificada e acessível, tornando o país candidato ao posto de grande fornecedor de alimentos global (CONCEIÇÃO; CONCEIÇÃO, 2014).

Em um contexto mundial, as produções agrícolas enfrentam diversos problemas de caráter fitossanitários causados por agentes bióticos, incluindo vírus, bactérias, fungos, oomicetos e insetos (BEBBER; GURR, 2015), os quais afetam negativamente a produtividade e a qualidade final dos produtos. As doenças causadas por fungos fitopatogênicos, por exemplo, estão associadas a perdas na produção de diferentes culturas reduzindo diretamente a sua rentabilidade econômica (BRUM et al., 2014).

Os gêneros fúngicos *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Fusarium* e *Lasiodiplodia* possuem espécies causadoras de doenças em uma grande variedade de culturas de importância econômica. Podemos destacar, por exemplo, a resinose e gomose, principais doenças do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), causada por *Lasiodiplodia theobromae* (MUNIZ et al., 2011); o mal do Panamá, importante doença na cultura da banana (*Musa* sp.), causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (CASTRO et al., 2008); as podridões radiculares em culturas importantes como a soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Cranz.), causadas por *Fusarium solani* (POLTRONIERI et al., 2002; AOKI et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2012); a antracnose em mamão (*Carica papaya* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e banana, causadas por *Colletotrichum* spp. (BONETT et al., 2013; RIBEIRO; SERRA; ARAÚJO, 2016; SHIVAS et al., 2016); as podridões em mamão e melão (*Cucumis melo* L.) causadas por *Alternaria alternata* (NASCIMENTO et al., 2014; BARBOZA, 2015); e doenças em espécies de brássicas, causadas por *Alternaria brassicicola* (DEEP; SHARMA, 2012).

O tratamento dessas doenças é feito de forma convencional com a utilização de defensivos químicos que, devido à sua alta toxicidade, contaminam o meio ambiente

(CANDIDO SILVA; MELO, 2013), afetam a saúde humana e elevam os custos de produção (PERINA, 2014). Além disso, constituem-se em um fator limitante na comercialização de produtos agrícolas no mercado externo, devido às normas de registros desses insumos e aos resíduos deixados nos alimentos que geralmente estão acima do estabelecido (ADAMI et al., 2016).

Nessa perspectiva, é necessário apresentar produtos alternativos aos utilizados convencionalmente, que sejam igualmente eficazes, de baixo custo e que não ofereçam riscos ao meio ambiente ou à saúde humana. Entre os produtos amplamente testados para esta finalidade, encontram-se os óleos essenciais extraídos de plantas aromáticas, cuja atividade antifúngica tem sido evidenciada em diversos estudos (NASCIMENTO et al., 2008; CARNELOSSI et al., 2009; SANTOS et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2013; SANTOS et al., 2014; PEIXINHO; RIBEIRO; AMORIM, 2017).

O óleo essencial de *Lippia gracilis* tem sido estudado há alguns anos e a sua atividade biológica, incluindo a atividade antimicrobiana, vem sendo bem documentada. A sua análise química tem confirmado o timol e/ou o carvacrol como seus componentes majoritários (MATOS et al., 1999; SILVA et al., 2008; FERRAZ et al., 2013; BITU et al., 2014; FRANCO et al., 2014), sendo estes compostos associados à sua atividade antimicrobiana (ALBUQUERQUE et al., 2006; CARVALHO et al., 2013). No controle de fitopatógenos o seu uso tem mostrado resultados favoráveis em baixas concentrações, no controle de *Macrophomina phaseolina* (UGULINO et al., 2018), *Alternaria* sp. (BARBOZA, 2015) e *Rhizoctonia solani* (SILVA et al., 2012).

A utilização de óleos essenciais no controle de fitopatógenos apresenta diversas vantagens em relação aos defensivos químicos convencionalmente utilizados, como a rápida degradação pelo meio ambiente (COIMBRA et al., 2006) e baixa toxicidade (GUILHON et al. 2011). Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar in vitro o efeito do óleo essencial de *Lippia gracilis* (Schauer) sobre o crescimento micelial de diferentes fungos fitopatogênicos. Os resultados obtidos podem fornecer informações importantes para a elaboração de produtos à base do óleo que poderá ser utilizado de maneira integrada a outras técnicas de manejo nas fases pré e pós-colheita, reduzindo os impactos negativos ocasionados pela utilização exclusiva de defensivos químicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Doenças causadas por fungos em espécies cultivadas

As doenças de plantas configuram um importante problema enfrentado por pequenos e grandes produtores em todo o mundo, sendo associadas a perdas significativas da produção agrícola mundial de diversas culturas economicamente importantes. Os agentes bióticos dessas doenças incluem vírus, bactérias, fungos, oomicetos e insetos (BEBBER *et al.*, 2015). No entanto, os fungos são considerados um dos principais agentes associados em razão da ampla distribuição mundial, elevado número de espécies fitopatogênicas envolvidas e variedade de hospedeiros susceptíveis.

Entre os fungos fitopatogênicos de grande importância econômica na agricultura mundial destacam-se os gêneros *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Fusarium* e *Lasiodiplodia*. Estes gêneros possuem importantes representantes responsáveis por diversas patologias em todas as etapas da produção agrícola.

2.1.1 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc

O gênero *Colletotrichum* inclui as mais importantes espécies de fitopatógenos nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SILVA *et al.*, 2006), sendo registradas como grandes responsáveis por significativas na produção (JEFFRIES; DOOD, 1990). Dean *et al.* (2012) incluíram o gênero na lista dos dez principais fungos causadores de doenças em plantas em razão da sua ampla distribuição mundial, capacidade de destruição e importância científica como modelo de patossistema, além disso, os autores afirmam que praticamente todas as culturas cultivadas mundialmente são susceptíveis a uma ou mais espécies deste gênero.

A espécie *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc [sinônimo: *Glomerella cingulata*] é um patógeno ubíquo que infecta mono e dicotiledôneas (SHARMA; KULSRHESTHA, 2015). Tem sido relatado como um dos mais importantes patógenos do mundo uma vez que é capaz de infectar pelo menos 1.000 espécies vegetais (PHOULIVONG *et al.*, 2010).

A antracnose causada por *C. gloeosporioides* é a principal e também a mais destrutiva doença de frutos em pós-colheita nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, podendo ocasionar significativas perdas a nível de campo e pós-colheita (LIMA FILHO; OLIVEIRA; MENEZES, 2003; RAKESH; SINGH, 2017). A sua ocorrência está condicionada a ambientes

quentes e úmidos encontrados nas zonas tropicais úmidas e subúmidas, podendo ser isolados em todas as partes das plantas hospedeiras (ALAHAKOON; BROWN; SREENIVASAPRASAD, 1994). O custo econômico das perdas pós-colheita das infecções quiescentes causadas por *C. gloeosporioides* é 25% superior às perdas diretas em campo, por que este inclui as despesas de colheita, transporte, armazenamento e embalagem (ALMADARUIZ *et al.*, 2003).

A antracnose tem sido considerada a principal doença nas fases pré e pós-colheita da manga (*Mangifera indica* L.), afetando várias partes da planta, além de desenvolver sintomas nos frutos através de infecções quiescentes (ABD-ALLA; WAFFA, 2010; YENJIT *et al.*, 2010; LEMOS *et al.*, 2013). Essa doença também afeta outras frutíferas de importância econômica como o mamão (DEMARTELAERE *et al.*, 2015; RIBEIRO; SERRA; ARAÚJO, 2016), abacate (*Persea americana*) (FISCHER *et al.*, 2011), maracujá (*Passiflora edulis*) (FISCHER *et al.*, 2007; ARAÚJO NETO *et al.*, 2014), goiaba (*Psidium guajava* L.) (FISCHER *et al.*, 2012) e acerola (*Malpighia emarginata* DC) (ALMEIDA *et al.*, 2003).

2.1.2 *Colletotrichum musae* (Berkeley & Curtis) Arx.

O fungo *Colletotrichum musae* (Berkeley & Curtis) Arx. [Sinônimo: *Gloeosporium musarum* Cke. & Masee] é um fitopatógeno distribuído mundialmente, responsável pela antracnose e podridão de coroa (GRIFFEE, 1973; WILSON; GALLIMORE; REESE, 1999; BONETT *et al.*, 2013), que são as principais doenças em pós-colheita de banana (*Musa* spp.) em todas as regiões produtoras do mundo. Essas doenças afetam a qualidade final dos frutos (MORAES; ZAMBOLIM; LIMA, 2006), gerando um importante problema enfrentado pela cultura, principalmente para frutos destinados à exportação (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004).

A antracnose afeta a cultura tanto na fase pré-colheita como na fase pós-colheita. Em pré-colheita a infecção ocorre em frutos verdes permanecendo quiescente até o início da maturação fisiológica dos frutos, em pós colheita a infecção se manifesta durante o transporte e maturação dos frutos (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005), período que antecede a comercialização.

2.1.3 *Colletotrichum fructicola* e *Colletotrichum asianum* (Prihastuti, L. Cai & K.D. Hyde)

Colletotrichum fructicola e *Colletotrichum asianum* (Prihastuti, L. Cai & K.D. Hyde) foram relatadas pela primeira vez em bagas de café (*Coffea arabica*) na Tailândia, associadas a doenças nessa cultura (PRIHASTUTI *et al.*, 2009). As cepas foram caracterizadas como epífitas, endofíticas, ou patogênicas, uma vez que foram isoladas tanto a partir de frutos aparentemente saudáveis quanto de frutos adoecidos (HYDE *et al.*, 2009).

C. frutícola tem sido frequentemente relatada como patógeno em diversas culturas de importância econômica, causando a antracnose em mamão (SAINI; GUPTA; ANANDALAKSHMI *et al.*, 2016), manga (LIMA *et al.*, 2013), uvas (*Vitis* spp.), (PENG *et al.*, 2013), morango (*Fragaria x ananassa*) (GAN *et al.*, 2016; HIRAYAMA *et al.*, 2016), citrinos (*Citrus* spp.) (HUANG *et al.*, 2013), mandioca (BRAGANÇA *et al.*, 2015), pimenta (*Capsicum* spp.) (SHARMA; SHENOY, 2014), podridão amarga em maçãs (*Malus domestica*) (ALANIZ; HENÁNDEZ; MONDINO, 2015), manchas pretas e podridão amarga em peras (*Pyrus x bretschneideri* Rehd.) (JIANG *et al.*, 2014).

C. asianum vêm sendo reportado mundialmente como um importante patógeno causador da antracnose na cultura da manga (LIMA *et al.*, 2013; KRISHNAPILLAI; WIJERATNAM, 2014; ISMAIL *et al.*, 2015; SHARMA *et al.*, 2015; SHIVAS *et al.*, 2016). De acordo com Hyde *et al.* (2009) a espécie parece ser difundida na Ásia e ocorre em vários hospedeiros. Os autores sugerem a realização de pesquisas adicionais para estabelecer sua atual distribuição, biologia e hospedeiros infectados.

2.1.4 *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

Os fungos do gênero *Alternaria* compreende espécies em sua maioria de caráter saprofítico ou parasitas de plantas (SILVA; MELO, 1999). As espécies do gênero são cosmopolitas e ubíquas, podendo ser encontradas em uma grande variedade de substratos, incluindo solos, plantas (SALO; ARBES, 2006), produtos agrícolas, sementes e no ar (LOGRIECO; MORETTI; SOLFRIZZO, 2009). Espécies do gênero são conhecidas como fitopatógenos graves, capazes de causar perdas significativas em uma ampla gama de culturas (WOUDENBERG *et al.*, 2013).

Alternaria alternata (Fr.) Keissl. [Sinônimo: *Alternaria tenuis*, Nees] é a espécie mais comum de seu gênero, cujas cepas podem incluir alguns dos fitopatógenos mais destrutivos

economicamente. Capaz de afetar uma grande variedade de plantas hospedeiras, pode causar manchas foliares, queimaduras e podridões em frutos (MMBAGA; SHI; KIM, 2011). Além disso, por se tratar de uma espécie oportunista, suas cepas podem causar a deterioração de safras recém-colhidas (LOGRIECO; MORETTI; SOLFRIZZO, 2009).

A espécie *A. alternata* afeta diversas culturas de importância econômica, sendo citada como uma das principais causadoras de podridão em melão (NASCIMENTO *et al.*, 2014), uvas (*Vitis vinifera* L.) (CAMARGO *et al.*, 2011), mamão (BARBOZA, 2015), mancha marrom em tangerinas (*Citrus reticulata*) (RENAUD *et al.*, 2008; AZEVEDO *et al.*, 2010) e mancha preta em frutos de manga (DROBY; PRUSKY, 1987).

2.1.5. *Alternaria brassicicola* (Schwein) Wiltshire

Alternaria brassicicola (Schwein) Wiltshire é um fitopatógeno que causa uma das doenças mais importantes economicamente em espécies de brássicas (família: Brassicaceae, nome comum: crucíferas) (PEDRAS *et al.*, 2009). A alternariose causada por essa espécie acomete as crucíferas (brassicáceas) desde a fase de sementeira até a fase adulta, reduzindo a produtividade e qualidade final da produção (MICHEREFF *et al.*, 2003), sendo considerada a doença fúngica mais comum e destrutiva em crucíferas mundialmente.

A maioria das cultivares comercialmente produzidas são suscetíveis a infecções causadas por este fungo (AMEIN *et al.*, 2011). Entre as crucíferas afetadas por *A. brassicicola* destacam-se a couve chinesa (*Brassica rapa*), e a couve flor, brócolis e repolho (*Brassica oleracea*) (DEEP; SHARMA, 2012; MICHEREFF *et al.*, 2012; DEEP *et al.*, 2014).

De acordo com Peruch e Michereff, 2007 “os sintomas da doença ocorrem principalmente em plantas adultas, nas folhas mais velhas, sob a forma de manchas. Inicialmente sob forma de manchas pequenas e necróticas e posteriormente como manchas circulares grandes”. O patógeno sobrevive de forma saprofítica em sementes e sobre restos culturais da lavoura, os quais se constituem em inóculos primários.

2.1.6 *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (E.F. Smith) Snyder & Hansen

O gênero *Fusarium* engloba um grande número de espécies fitopatogênicas capazes de causar doenças em diversas culturas agrícolas (MORETTI, 2009). Com ampla distribuição mundial, as espécies do gênero podem ser encontradas no solo, água e em uma grande variedade

de substratos (SNYDER, 1940). A alta capacidade em causar doenças em plantas silvestres e cultivadas faz com que esses fungos sejam considerados alguns dos mais danosos à agricultura mundial (SNYDER, 1954).

Fusarium oxysporum f. sp. cubense (E.F. Smith) Snyder & Hansen, agente causal da murcha de fusário (mal-do-panamá), é um patógeno de solo que ocorre comumente em regiões de cultivo de banana e em cultivos de flores tropicais, principalmente em *Heliconia* spp. (CASTRO *et al.*, 2008). Essa doença tem impacto significativo em todas as regiões produtoras de banana (AMMAR, 2007), causando morte prematura de plantas adultas, próximo ou durante o florescimento, ocasionando perdas de até 100% da produção (PEREIRA *et al.*, 2005).

A espécie caracteriza-se como fungo anamórfico com capacidade de produzir três tipos de esporos, os microconídios, macroconídios e clamidósporos, favorecendo a reprodução da doença e uma sobrevivência no solo que pode chegar a 20 anos (BOOTH, 1971). O patógeno pode sobreviver também de forma saprofítica nos restos de tecidos e endofiticamente em uma gama de plantas hospedeiras, sendo as espécies do gênero *Musa* e *Heliconia*, as principais atingidas (HECK, 2015).

Os sintomas da doença são típicos de murchas vasculares, iniciando através do aparecimento de manchas verde-claras e listras marrom-avermelhadas nos tecidos vasculares da base do pecíolo. Posteriormente sintomas externos podem ser observados, como o amarelecimento da borda de folhas mais antigas progredindo para as mais jovens, desenvolvendo uma aparência agrupada na base próximo ao pecíolo, fazendo com que a planta entre em colapso. O transporte de água e nutrientes é impedido em função da obstrução do xilema afetado, tornando-se marrom avermelhado (PLOETZ, 2015). Essa obstrução vascular evolui progressivamente e pode ocasionar a morte da planta (CASTRO *et al.*, 2008).

Este patógeno possui elevada capacidade de sobrevivência no solo, o que geralmente dificulta o controle da doença. O meio de controle mais eficiente é através do uso de cultivares resistentes, tanto pela seleção já existente dos recursos genéticos, como a geração de novas cultivares por hibridação (AMORIM *et al.*, 2011). O melhoramento genético e a seleção dessas cultivares buscam corrigir os problemas fitossanitários da cultura, além de induzir aumento de produtividade, diminuindo o custo, em função da redução do uso de defensivos agrícolas no manejo da cultura (SILVA *et al.*, 2013).

2.1.7 *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

A *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. afeta uma grande variedade de espécies cultivadas, causando danos principalmente ao sistema radicular de seus hospedeiros. Entre as doenças causadas, destacam-se: a síndrome da morte súbita e podridão radicular em soja (AOKI *et al.*, 2003; GÁSPERI; PRESTES; CONSTAMILAN *et al.*, 2003), podridão radicular em feijão (TEIXEIRA *et al.*, 2012; SASAN; BIDOCHKA, 2012) grão de bico (*Cicer arietinum* L.) (CABRAL *et al.*, 2016), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (ROJO *et al.*, 2007), batata doce (*Ipomoea batatas* L.) (WANG *et al.*, 2014) e mandioca (POLTRONIERI *et al.*, 2002), podridão seca em batata (*Solanum tuberosum* L.) (BHARDWAJ, 2012; GHADIRI *et al.*, 2013), podridão radicular em tomate (*Lycopersium esculentum* L.) (MONTEALEGRE *et al.*, 2003), podridão de coroa em pepino (*Cucumis sativus* L.) (LI *et al.*, 2010), murcha do pimentão (*Capsicum annum* L.) (SUNDARAMOORTHY *et al.*, 2011), podridão radicular em morango PASTRANA *et al.*, 2014), citrinos (CHANDRAN; KUMAR, 2012), maracujá (JUNQUEIRA *et al.* 2006) e declínio da goiabeira (*Psidium guajava* L.) (GOMES *et al.*, 2011).

2.1.8 *Lasiodiplodia theobromae* (Patouillard) Griffon & Maublanc

Lasiodiplodia é um gênero anamórfico membro da família Botryosphaeriaceae, que inclui fungos saprófitos, parasitas ou endófitos em diversas espécies de plantas (DISSANAYAKE *et al.*, 2016; PHILIPS *et al.*, 2013). O gênero possui 36 espécies conhecidas atualmente (NETTO, 2016), as quais distribuem-se em todas as áreas geográficas do mundo, com exceção das regiões polares.

Lasiodiplodia theobromae (Patouillard) Griffon & Maublanc [sinônimo: *Botryodiplodia theobromae*] destaca-se como um importante fitopatógeno cosmopolita, polífago e oportunista, característico das regiões tropicais e subtropicais do planeta (PUNITHALINGAM, 1980). Sobrevive na atmosfera e em tecidos vegetais vivos ou mortos, podendo ser disseminados pelo ar, insetos e instrumentos de poda (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

L. theobromae é um dos fitopatógenos mais bem distribuídos na região Nordeste do Brasil, apresentando uma ampla variedade de hospedeiros, principalmente as frutíferas tropicais (VIANA *et al.*, 2003). De acordo com Suresh (2014), este fungo infecta mais de 500 espécies vegetais, estando associado a doenças que podem acometer todas as partes da planta (p. ex. amortecimento, murcha, ferrugem, podridão radicular, podridão de colo, mancha foliar,

vassoura de bruxa, podridão de frutos e podridão de sementes) causando significativas perdas de produção nas mais variadas culturas. Essa ampla patogenicidade o coloca entre os mais eficientes fitopatógenos causadores de problemas pós-colheita (FREIRE *et al.*, 2004).

L. theobromae é o agente casual de várias doenças em campo com a resinose, principal doença do cajueiro no nordeste brasileiro; a podridão-preta (CARDOSO *et al.*, 2009); a gomose no cajueiro (MUNIZ *et al.*, 2011) e em diversas variedades de manga (SURESH, 2014); a podridão seca em acerola (LIMA *et al.*, 2012); a queima das folhas no coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (RAM, 1989); e a podridão no caule de goiabeira (CARDOSO; MAIA; PESSOA, 2002).

Entre as doenças pós-colheita causadas por *L. theobromae* que acometem diversas frutíferas de importância econômica no Brasil, destacam-se a podridão do fruto de maracujá (*Passiflora edulis*) (VIANA *et al.*, 2003); a podridão basal do coco verde (VIANA *et al.*, 2002); a podridão em mamão e laranja (*Citrus* spp.) (DANTAS *et al.*, 2003); a podridão da haste no mamão (PEREIRA *et al.*, 2012); e a podridão peduncular em manga (LINS *et al.*, 2011).

2.2 Tratamento convencional contra fitopatógenos

O mercado brasileiro de agrotóxicos, expandiu-se de forma acelerada na última década (190%), mais que o dobro do mercado global (93%), o que coloca o país em primeiro lugar no ranking mundial desde 2008 (RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014). Das categorias dos defensivos químicos comercializados no país 45% correspondem a herbicidas, 14% a fungicidas, 12% a inseticidas e 29% às demais classes de agrotóxicos (ANVISA, 2012).

O uso de fungicidas sintéticos ainda é o principal método de controle de doenças de plantas (ROMANAZZI *et al.*, 2001) sendo frequentemente necessários para o controle de doenças em lavouras como forma de prolongar o tempo de vida útil da produção (ZHU; MA, 2007).

Os fungicidas são classificados em dois grupos de acordo com a sua natureza química e o seu modo de aplicação e ação: fungicidas protetores ou sistêmicos. Os fungicidas protetores são aplicados na superfície dos órgãos vegetais, formando uma barreira tóxica e protetora que tem ação preventiva contra a penetração dos fungos no hospedeiro reduzindo as chances de ocorrência da doença (ZAMBOLIM *et al.*, 1995). Já os fungicidas sistêmicos são absorvidos pelo hospedeiro através da penetração dos seus princípios ativos imediatamente após a sua aplicação. Os fungicidas sistêmicos possuem alta capacidade de supressão, inibindo o crescimento micelial e esporulação dos fungos (ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

O período de aplicação e o tipo de produto a ser aplicado irá depender diretamente do patógeno alvo e ao tipo de infecção. Para patógenos que se instalam nos frutos antes da colheita, por exemplo, a aplicação de fungicidas em campo é frequentemente necessária, podendo haver aplicação repetida de fungicidas protetores durante o período de crescimento dos frutos associado a utilização estratégica de fungicidas sistêmicos. Para as infecções quiescentes, os fungicidas são aplicados como forma de controlar a infecção já estabelecida nos tecidos superficiais. Nesse caso, a eficácia do produto irá depender da sua capacidade de penetrar no local da infecção, sendo os fungicidas sistêmicos mais utilizados para este fim (COATES; JOHNSON, 1997).

Apesar de corresponder a um dos principais métodos de controle de doenças, a elevada toxicidade desses insumos associada ao seu gerenciamento inadequado tem ocasionado uma série de impactos ambientais, econômicos e à saúde pública. Um dos efeitos mais indesejáveis dos defensivos químicos é a contaminação de espécies não alvo, incluindo os seres humanos (PASIANI *et al.*, 2012). Os impactos na saúde humana podem ser agudos ou crônicos a depender do período de exposição e ao tipo de agente tóxico ao qual o ser humano foi exposto. Esses produtos químicos afetam principalmente os processos neurológicos, reprodutivos e respiratórios (RIBAS; MATSUMURA, 2009), podendo também ocasionar a morte por intoxicação (SANTANA; MOURA; NOGUEIRA, 2013).

O uso intensivo desses produtos contamina o meio ambiente e podem provocar alterações que comprometem a sua sustentabilidade (CANDIDO SILVA; MELO, 2013). Além disso, o aumento no volume aplicado tem causado uma série de transtornos como o acúmulo de substâncias nocivas nos componentes bióticos e abióticos do ecossistema (biota, água, ar e solo) (RIBAS; MATSUMURA, 2009).

O uso indiscriminado de agrotóxicos pode levar ao surgimento de cepas mais agressivas que os patógenos existentes com capacidade de superar as defesas naturais dos hospedeiros e de tornarem-se resistentes aos fungicidas utilizados convencionalmente (BEBBER; GURR, 2015), sendo necessária a aplicação de defensivos químicos cada vez mais fortes, causando desequilíbrios ambientais ainda mais significativos (SOUZA JÚNIOR; SALES; MARTINS, 2009). No âmbito econômico, estes defensivos elevam os custos de produção e limitam a comercialização de produtos agrícolas no exterior (PERINA, 2014). O tratamento convencional que é realizado a base de insumos químicos pode acarretar restrições relacionadas a normas de registro desses defensivos e à segurança alimentar que estabelece limites máximos de resíduos destes produtos nos alimentos (ADAMI *et al.*, 2016). A carência do uso de técnicas e produtos

menos prejudiciais no plantio e após a colheita é um dos fatores que impede o país de conquistar novos mercados, o que tem motivado a procura por métodos alternativos de controle de fitopatógenos (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004).

Com o intuito de reduzir impactos ambientais ocasionados pela utilização exclusiva de agrotóxicos e promover melhora na qualidade de vida do produtor rural e consumidor, diversos métodos de controle alternativos de doenças têm sido desenvolvidos. Este conjunto de práticas e processos terá relevância na transição do atual sistema de produção para uma agricultura mais sustentável no Brasil (EMBRAPA, 2018).

2.3 Óleos essenciais como método alternativo no controle de fitopatógenos

Muitas tecnologias têm sido propostas e adotadas como alternativas aos defensivos químicos visando o controle de doenças em plantas, entre as quais destacamos diferentes técnicas de manejo integrado, como controle cultural, rotação de culturas, incorporação de matéria orgânica no solo, cultivo consorciado, plantio de espécies e variedades resistentes (CANDIDO SILVA; MELO, 2013), o uso de agentes de controle biológico (ŽIVKOVIĆ *et al.*, 2010; AKILA *et al.*, 2011; BONETT *et al.*, 2013; ASHWINI; SRIVIDYA, 2014; YAN *et al.*, 2014; CHE *et al.*, 2015; THANGAVELU; GOPI, 2015), indução de resistência sistêmica (DEMARTELAERE *et al.*, 2017) e o uso de extratos vegetais e óleos essenciais extraídos de plantas aromáticas (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004; CARNELOSSI *et al.*, 2009).

A atividade biológica de óleos essenciais vem sendo amplamente estudada no controle de fungos fitopatogênicos. Em razão dos resultados promissores tem se tornado uma alternativa viável no controle de doenças associadas a estes microrganismos.

Por definição, os óleos essenciais (OE) são compostos naturais etéreos ou voláteis de complexa composição química, formados a partir do metabolismo secundário de plantas aromáticas (KOKETSU; GONÇALVES, 1991; BAKKALI *et al.*, 2008). Estão presentes em diversas partes das plantas e em sua maioria são constituídos por misturas de mono e sesquiterpenos, sendo estes compostos geralmente responsáveis pelos odores e/ou sabores característicos das plantas das quais são obtidos (ISMAN; MACHIAL, 2006), podendo contribuir também para funções específicas, incluindo a defesa contra microrganismos (BITU *et al.*, 2014).

Devido a sua complexidade química e a grande variedade de compostos presentes, é difícil identificar e correlacionar a atividade biológica do óleo a compostos isolados. Muitas

vezes, o efeito antimicrobiano é resultado do sinergismo ou antagonismo entre os componentes (BAGAMBOULA; UYTENDAELE; DEBEVERE, 2004; RUSSO *et al.*, 2013) e não somente aos constituintes majoritários.

A composição química dos óleos essenciais pode ser afetada por diversos fatores, os quais podem exercer influência direta sobre as suas atividades biológicas (RUSSO *et al.*, 2013), incluindo atividade antimicrobiana. Entre esses fatores, destacam-se: fatores genéticos, como espécie, cultivar, ecótipo (MORAIS, 2009; RUSSO *et al.*, 2013), fatores ecológicos e condições edafoclimáticas (ANDRADE, *et al.*, 2012) estado fenológico da planta, época do ano (ISMAN; MACHIAL, 2006), horário da colheita e preparo adequado do material vegetal antes da sua extração (MAIA *et al.*, 2015).

De modo geral, a atividade biológica dos OE é bem documentada, principalmente aquela relacionada à atividade antimicrobiana (GUIMARÃES *et al.*, 2014). Vários OE têm indicado potencial efeito no controle de fungos fitopatogênicos, apresentando ação direta tanto na inibição do crescimento micelial e germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas (OOTANI *et al.*, 2013). Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar a atividade dos óleos essenciais frente à diversos fungos fitopatogênicos. Alguns desses estudos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de fungos controlados por óleos essenciais de diferentes espécies vegetais.

Fitopatógeno	Óleo essencial	PIC(%)*	Concentração**	Autor
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	100	50 µL	Carnelossi <i>et al.</i> (2009)
	<i>Eucalyptus citriodora</i>	100	50 µL	
	<i>Mentha arvensis</i>	100	50 µL	
	<i>Artemisia dracunculul</i>	100	50 µL	
	<i>Piper hispidinervum</i>	100	1000 µg mL ⁻¹	Zacaroni <i>et al.</i> (2009)
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	100	0,1%	Jardim <i>et al.</i> (2010)
	<i>Mentha piperita</i>	100	0,2%	Freire <i>et al.</i> (2012)
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	79	0,5%	Oliveira Júnior <i>et al.</i> (2013)
<i>Colletotrichum musae</i>	<i>Piper aduncum</i>	100	150 µg mL ⁻¹	Bastos e Albuquerque (2004)
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	100	0,1%	Jardim <i>et al.</i> (2010)
	<i>Mentha piperita</i>	100	0,2%	Freire <i>et al.</i> (2012)
	<i>Copaífera sp.</i>	46,9	1,0%	Nóbrega <i>et al.</i> (2019)

	<i>Eucalyptus sp.</i>	66,3	0,8%	
<i>Colletotrichum fructicola</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	37,8	1.25 µL/mL	Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<i>Colletotrichum asianum</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	37	1.25 µL/mL	Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<i>Alternaria alternata</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	100	500ppm	Mishra e Dubey (1994)
	<i>Piper hispidinervum</i>	100	1000 mg L ⁻¹	Nascimento <i>et al.</i> (2008)
	<i>Citrus reticulata</i>	100	0,2%	Chutia <i>et al.</i> (2009)
	<i>Mentha piperita</i>	41,6	0,8%	França <i>et al.</i> (2018)
	<i>Copaifera sp.</i>	33,7	1,0%	Nóbrega <i>et al.</i> (2019)
	<i>Eucalyptus sp.</i>	79,6	1,0%	
<i>Alternaria brassicicola</i>	<i>Boswellia carterii</i>	71,29	2,0%	Udomsilp <i>et al.</i> (2009)
	<i>Acacia farnesiana</i>	100	1,0%	
<i>Fusarium solani</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	100	500ppm	Mishra e Dubey (1994)
	<i>Dianthus caryophyllus</i>	100	4,0%	Abdel-Kader, El
	<i>Carum carvi</i>	85,4	4,0%	Mougy e Lashin (2011)
	<i>Thymus vulgaris</i>	80,4	4,0%	
	<i>Mentha piperita</i>	82,2	4,0%	
	<i>Geranium viscosissimum</i>	100	4,0%	
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	100	500ppm	Mishra e Dubey (1994)
	<i>Citrus reticulata</i>	100	>0,2%	Chutia <i>et al.</i> (2009)
	<i>Piper hispidinervum</i>	100	1000 µg mL ⁻¹	Zacaroni <i>et al.</i> (2009)
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	100	0,1%	Jardim <i>et al.</i> (2010)
	<i>Mentha piperita</i>	100	0,2%	Freire <i>et al.</i> (2012)
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	<i>Piper aduncum</i>	100	1,0%	Mota <i>et al.</i> (2002)
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	100	3,0%	Santos <i>et al.</i> (2014)
	<i>Mentha arvensis</i>	100	0,25%	Peixinho, Ribeiro e Amorim (2017)

*Porcentagem máxima de inibição de crescimento micelial obtida;

**Concentração do óleo essencial utilizada para obtenção da PIC máxima;

No controle de fitopatógenos, os OE têm apresentado vantagens em relação aos defensivos químicos utilizados convencionalmente. Além de apresentar bons índices no controle do crescimento micelial, sua aplicação é geralmente menos prejudicial e, mais segura à saúde humana e, ao meio ambiente, apresentando baixa toxicidade e rápida degradação pelo ambiente (COIMBRA *et al.*, 2006; SILVA *et al.* 2014).

2.3.1 Óleo essencial de *Lippia gracilis* (Schauer)

O gênero *Lippia* (Verbenaceae) compreende cerca de 200 espécies entre ervas, arbustos e pequenas árvores, distribuídas na América do Sul, América do Norte e África (TERBLANCHÉ; KORNELIUS, 1996; ZOGHBI *et al.*, 1998). No Brasil são encontradas aproximadamente 120 espécies do gênero, distribuídas principalmente no cerrado e na caatinga (GOMES; NOGUEIRA; MORAES, 2011).

Lippia gracilis (Schauer) é uma espécie aromática endêmica do nordeste brasileiro distribuída amplamente na caatinga, sendo popularmente conhecida como alecrim-da-chapada, alecrim do serrote, alecrim de tabuleiro, alecrim pimenta ou cidreira da serra. Caracteriza-se como um arbusto pouco ramificado de até 2,5m de altura, folhas simples, pequenas e flores brancas, ambas com odor bem característico (MARCELINO JR *et al.*, 2005; DANTAS *et al.*, 2010; GOMES *et al.*, 2011), as quais são compostas de tecidos dos quais o seu OE é geralmente extraído (CRUZ *et al.*, 2013).

O OE das espécies do gênero *Lippia* possuem composição química similar, sendo que o teor desses componentes varia entre as espécies (CRUZ *et al.*, 2013) e dentro de uma mesma espécie a depender das condições nas quais o material vegetal foi cultivado e o óleo extraído (NEVES *et al.*, 2008; MENDES *et al.*, 2010; MELO *et al.* 2013). A análise da composição química do OE de *L. gracilis* têm evidenciado o timol e/ou o carvacrol como componentes majoritários (MATOS *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2008; FERRAZ *et al.*, 2013; BITU *et al.*, 2014; FRANCO *et al.*, 2014), os quais têm sido associados à sua atividade antimicrobiana (ALBUQUERQUE *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 2013).

Diversos estudos têm demonstrado as atividades biológicas do OE de *L. gracilis*, dentre as quais destacam-se a atividade anticancerígena (FERRAZ *et al.*, 2013), analgésica e anti-inflamatória (MENDES *et al.*, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2012), antifúngica e antioxidante (FRANCO *et al.*, 2014), antibacteriana (DANTAS *et al.*, 2010), acaricida (CRUZ *et al.*, 2013), inseticida (PEREIRA *et al.*, 2008) e larvicida (SILVA *et al.*, 2008).

No controle de fitopatógenos, a utilização do óleo essencial de espécies do gênero *Lippia*, incluindo a espécie *L. gracilis* tem mostrado resultados promissores sobre uma diversidade de fungos. Alguns desses estudos estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Lista de óleos essenciais de espécies do gênero *Lippia* no controle de fitopatógenos.

Espécie vegetal	Fitopatógeno	PIC(%)*	Concentração**	Autor
<i>Lippia gracilis</i>	<i>Curvularia lunata</i>	100	440 $\mu\text{L L}^{-1}$	Albuquerque <i>et al.</i> (2006)
	<i>Rhizoctonia solani</i>	100	0,2 μL	Silva <i>et al.</i> (2012)
	<i>Alternaria</i> sp.	100	750 $\mu\text{L L}^{-1}$	Barboza (2015)
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	100	0,4%	Ugulino <i>et al.</i> (2018)
<i>Lippia sidoides</i>	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	100	0,05%	Mota <i>et al.</i> (2002)
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	100	0,1 $\mu\text{L mL}^{-1}$	Souza Júnior, Sales e Martins (2009)
	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	100	0,02%	Carvalho <i>et al.</i> (2013)
<i>Lippia citriodora</i>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	100	0,1 $\mu\text{L mL}^{-1}$	Souza Júnior, Sales e Martins (2009)
<i>Lippia alba</i>	<i>Alternaria solani</i>	100	1,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$	Tomazoni <i>et al.</i> (2016)
<i>Lippia rehmanii</i>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	100	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	Linde <i>et al.</i> (2010)
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	90	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Alternaria alternata</i>	100	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Alternaria citri</i>	100	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Botrytis cinerea</i>	79	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Fusarium oxysporum</i>	100	20 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	100	20 $\mu\text{L L}^{-1}$	
	<i>Penicillium digitatum</i>	100	3000 $\mu\text{L L}^{-1}$	
<i>Lippia geminata</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	100	750 ppm	Bhuyan <i>et al.</i>
	<i>Bipolaris oryzae</i>	100	1000 ppm	(2010)

*Porcentagem máxima de inibição de crescimento micelial obtida;

**Concentração do óleo essencial utilizada para obtenção da PIC máxima;

Além dos excelentes resultados de inibição frente à fitopatógenos, o óleo essencial de *L. gracillis* também pode ser considerado um composto de baixa toxicidade. Guilhon *et al.* (2011) avaliaram a toxicidade do OE de *Lippia gracilis* em ratos e relataram que a administração oral do óleo na dose 500 mg/kg (0,05%) não induziu nenhum efeito tóxico. Segundo os autores, não foi observado nenhuma alteração comportamental, lesão ou sangramento gástrico e nenhum sinal de intoxicação, incluindo convulsão, morte ou úlcera gástrica, mesmo após 5 dias da dose única. Na tentativa de calcular a dose letal, grupos de camundongos receberam diferentes doses do OE e na dose mais alta não foi observada letalidade, indicando que o OE foi quase atóxico em camundongos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos e obtenção dos materiais

O trabalho foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal. O experimento foi realizado no laboratório de Fitopatologia desta instituição, no período de fevereiro a março de 2018

Para a realização do experimento *in vitro* foram utilizadas os isolados fúngicos 3331 de *Colletotrichum gloeosporioides*; 3499 de *Colletotrichum musae*; 3811 de *Colletotrichum fructicola*, 3772 de *Colletotrichum asianum*, 0878 de *Alternaria alternata*, 0036 de *Alternaria brassicicola*, 2141 de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, 3826 de *Fusarium solani*, e 4534 de *Lasiodiplodia theobromae*, cedidas pela coleção de cultura de fungos fitopatogênicos Prof. Maria Menezes da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os isolados foram preservados em água destilada estéril pelo método Castellani até a realização dos ensaios (CASTELLANI, 1967).

O óleo essencial utilizado foi de *Lippia gracilis*, o qual foi obtido através da técnica de arraste por vapor de água (CRAVEIRO et al., 1981), realizada no laboratório de Biologia II do departamento de Biologia da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Campus de Mossoró-RN.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com oito tratamentos (5 concentrações do óleo, 1 testemunha negativa e 2 testemunhas positivas) em cinco repetições cada. Os tratamentos consistiram no meio de cultura autoclavado, suplementado com o óleo essencial de *L. gracilis* puro, nas seguintes concentrações: 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 e 0,2%; uma testemunha negativa (meio de cultura sem suplementação) e duas testemunhas positivas (meio de cultura suplementado com os fungicidas comerciais Tiram e Mancozebe nas concentrações recomendadas pelos fabricantes: 1 mL L⁻¹ e 0,2 g L⁻¹ respectivamente).

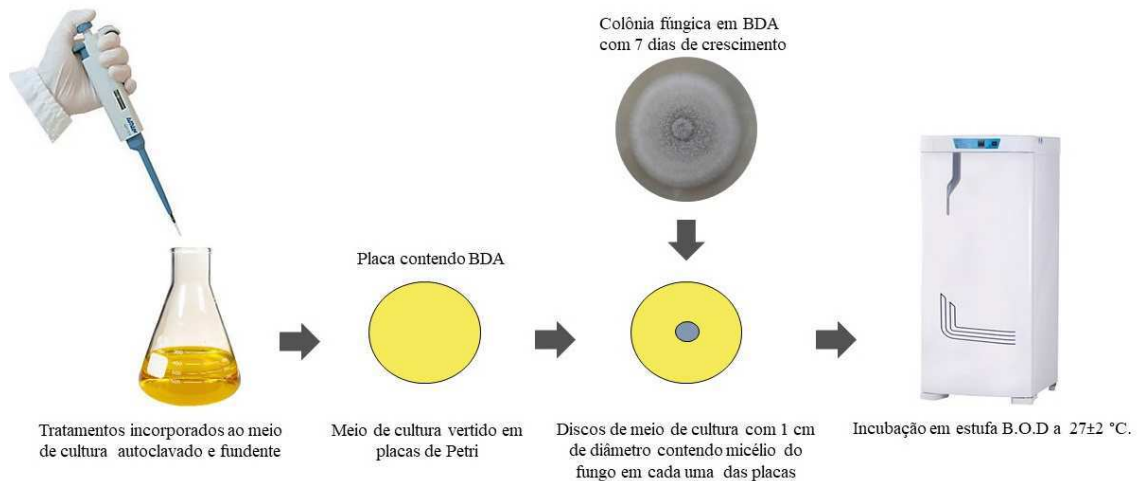
As concentrações do óleo foram estabelecidas a partir de uma concentração inicial baseada no estudo de Ugulino *et al.* (2018), que utilizaram concentrações que variaram entre

0,4 e 1,0%. Para a obtenção das concentrações finais utilizadas foi utilizado o procedimento de diluição direta em meio de cultura fundente (PEREIRA *et al.*, 2006).

3.3 Instalação e condução do experimento

Os diferentes tratamentos foram incorporados ao meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar, com a seguinte composição: 200 g/L de infusão de batata; 20 g L⁻¹ de dextrose; e 15g L⁻¹ de ágar) autoclavado e fundente à temperatura de 46-48 °C. Após o resfriamento, o meio foi vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro em condições assépticas. Após a solidificação, discos de meio de cultura com 1 cm de diâmetro contendo micélios do fungo foram transferidos para o centro de cada placa contendo os tratamentos. Em seguida, as placas foram envolvidas em plástico filme e incubadas em estufa do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) a temperatura de 27±2 °C (Figura 1).

Figura 1. Procedimentos de incorporação dos tratamentos ao meio de cultura e inoculação dos fungos fitopatogênicos.



Fonte: Próprio autor.

O crescimento das colônias foi mensurado diariamente até que a colônia tomasse toda a superfície do meio de cultura de uma das placas ou no período máximo de 7 dias. A avaliação do crescimento micelial consistiu em medições diárias do diâmetro das colônias obtido através da média de duas medidas perpendiculares, com o auxílio de régua graduada, obtendo-se a média do crescimento diário para cada repetição de cada tratamento.

Com o resultado das medidas, foram calculados a porcentagem de inibição micelial (PIC; BASTOS, 1997) e o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM; OLIVEIRA, 1991), de acordo com as fórmulas (1) e (2):

$$PIC = \frac{(\text{Crescimento da testemunha} - \text{Crescimento do tratamento}) \times 100}{\text{Crescimento da testemunha}} \quad (1)$$

$$IVCM = \sum \frac{\text{Diâmetro médio atual} - \text{Diâmetro médio anterior}}{\text{Número de dias após a inoculação}} \quad (2)$$

3.4 Análise estatística

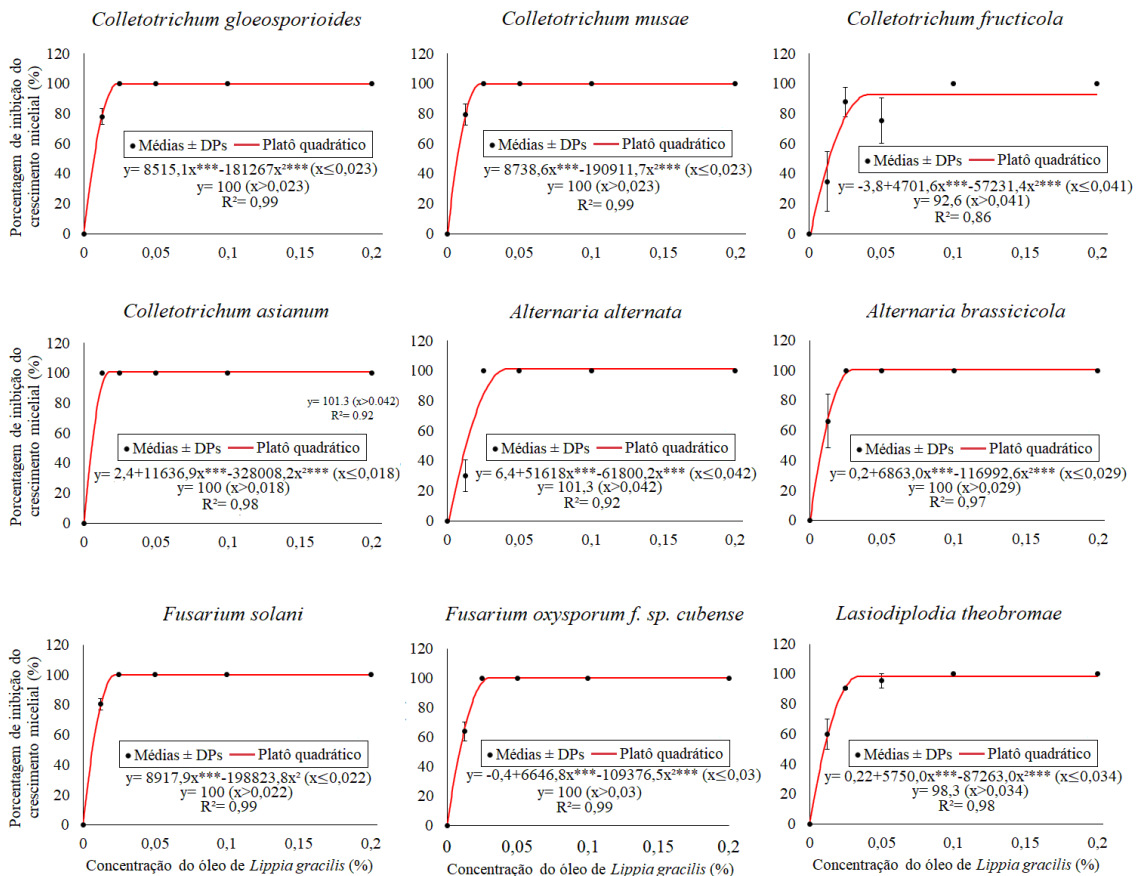
Para verificar o efeito da concentração do óleo sobre o crescimento dos fungos foram realizadas regressões no modelo de platô quadrático. As regressões foram realizadas no programa R Core Team 3.5.1.

Para testar a diferença entre tratamentos com o óleo e os tratamentos com fungicidas (testemunhas positivas), aplicou-se o teste Kruskal-Wallis (ANOVA não-paramétrica) seguido da comparação múltipla de Mann-Whitney (Tukey não-paramétrico). Utilizou-se a estatística não-paramétrica devido à ausência de variância nos resultados de alguns tratamentos. Foram consideradas significantes as diferenças com valor de probabilidade abaixo de 5%. As análises foram realizadas no programa Past 3.12 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4 RESULTADOS

Todas as concentrações testadas do óleo essencial de *Lippia gracilis* exerceram inibição sobre o crescimento micelial e velocidade de crescimento dos fitopatógenos avaliados. As porcentagens de inibição aumentaram significativamente com as concentrações testadas até atingirem e manterem o valor máximo (PIC = 100%) nas concentrações superiores (Figura 1).

Figura 2. Efeito das diferentes concentrações do óleo essencial de *Lippia gracilis* sobre o crescimento micelial de fungos fitopatogênicos.

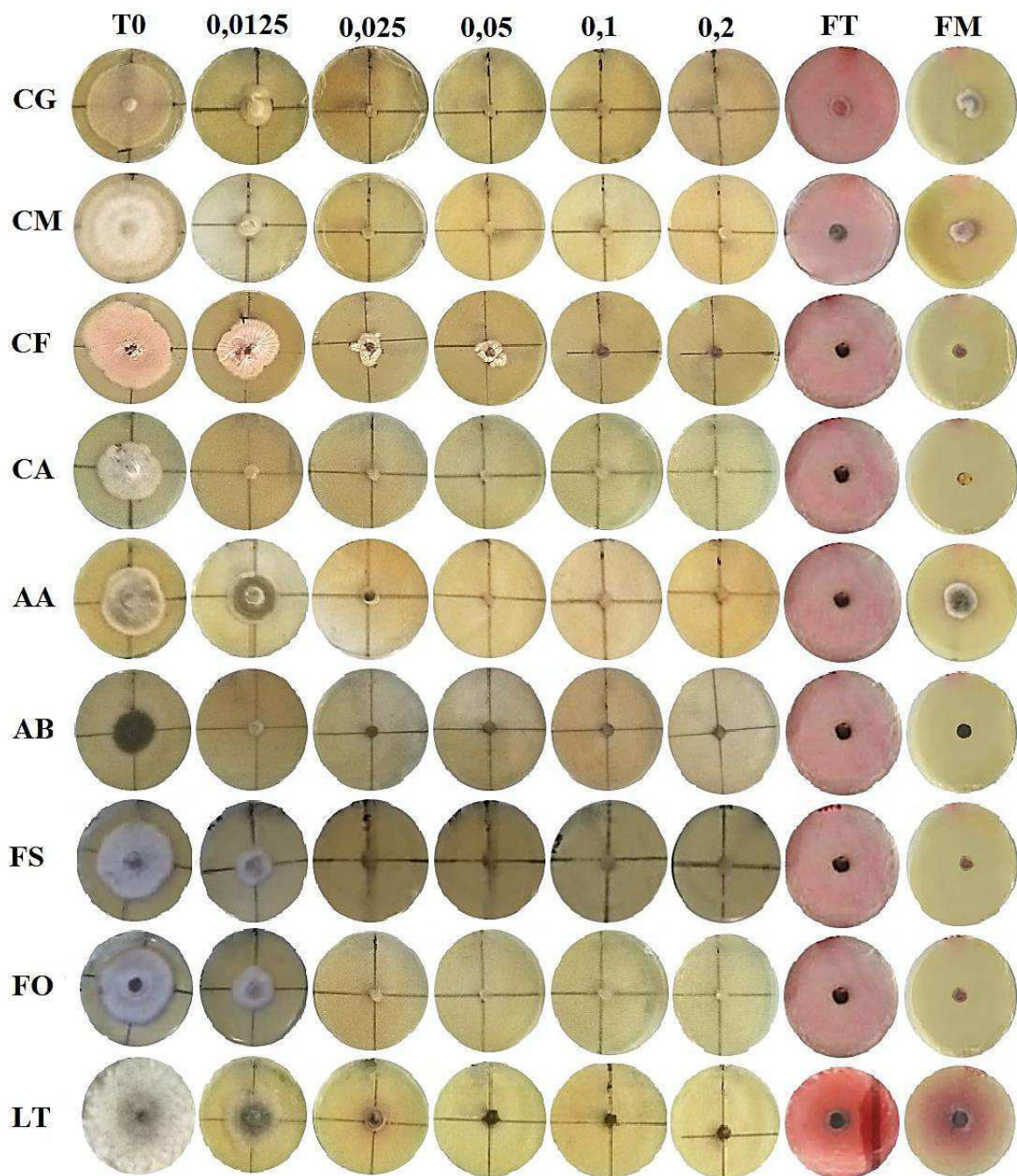


***p<0.001

A inibição total do crescimento dos fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Alternaria alternata*, *Alternaria brassicicola*, *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, foi obtida a partir da concentração de 0,025%; nos fungos *Colletotrichum fructicola* e *Lasiodiplodia theobromae* na concentração de 0,1%; e no fungo *Colletotrichum asianum* em todas as concentrações testadas (Figura 5). Estas foram as menores

concentrações testadas no presente estudo capazes de inibir totalmente o crescimento dos fitopatógenos avaliados, que serão tratadas como concentrações mínimas observadas (CMObs; Tabela 3).

Figura 3. Comparação do crescimento micelial de fungos fitopatogênicos em diferentes concentrações do óleo essencial de *Lippia gracilis* e nos tratamentos testemunha.



T0: Testemunha negativa (sem suplementação); **FT:** Fungicida Tiram (1 ml L⁻¹); **FM:** Fungicida Mancozebe (0,2 g L⁻¹); **0,0125 a 0,2:** Concentrações do óleo essencial de *Lippia gracilis* (%); **CG:** *Colletotrichum gloeosporioides*;

CM: *Colletotrichum musae*; **CF:** *Colletotrichum fructicola*; **CA:** *Colletotrichum asianum*; **AA:** *Alternaria alternata*; **AB:** *Alternaria brassicicola*; **FS:** *Fusarium solani*; **FO:** *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*; **LT:** *Lasiodiplodia theobromae*.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3. Concentrações mínimas do óleo essencial de *Lippia gracilis* sobre o crescimento micelial de diferentes fungos fitopatogênicos.

Fitopatógeno	CMobs*	CMest**
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	0,025	0,023
<i>Colletotrichum musae</i>	0,025	0,023
<i>Colletotrichum fructicola</i>	0,1	0,048
<i>Colletotrichum asianum</i>	0,0125	0,041
<i>Alternaria alternata</i>	0,025	0,042
<i>Alternaria brassicicola</i>	0,025	0,029
<i>Fusarium solani</i>	0,025	0,022
<i>Fusarium oxysporum f. sp. cubense</i>	0,025	0,030
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	0,1	0,034

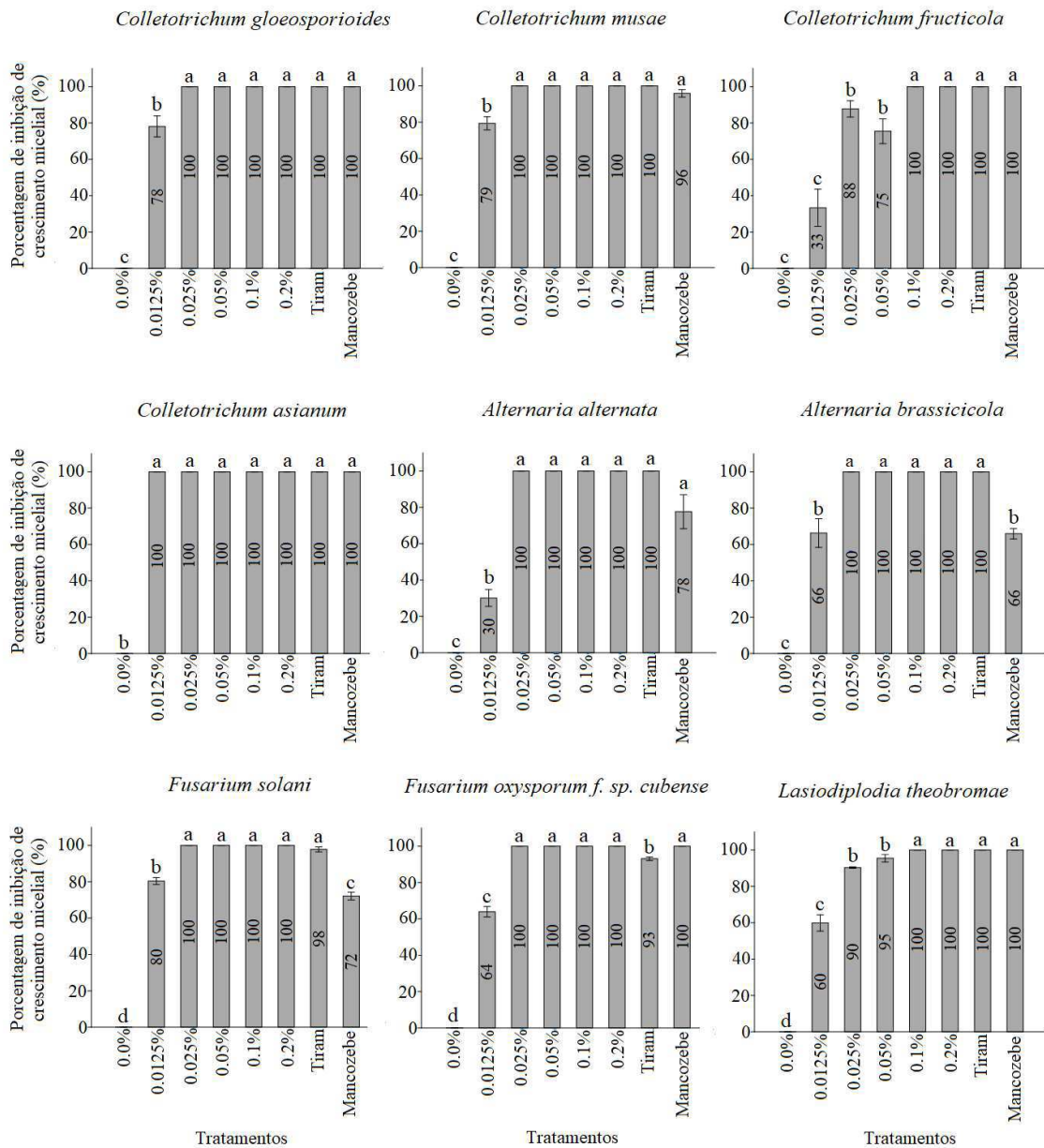
*Concentração mínima determinada no teste *in vitro*;

**Concentração mínima estimada pela análise de regressão de modelo platô-quadrático.

Por outro lado, ao utilizar as equações geradas pelas regressões em modelo platô quadrático, foram obtidas concentrações mínimas estimadas (CMest; ver tabela 3), que foram levemente diferentes das CMobs. Sobre os fungos *C. gloeosporioides*, *C. musae*, *C. fructicola*, *F. solani* e *L. theobromae*, a estimativa sugeriu que a inibição total do crescimento micelial poderia ser obtida ao aplicar concentrações menores que as CMobs.

O efeito antifúngico do óleo essencial de *L. gracilis* foi geralmente igual ou superior ao obtido pelos fungicidas comerciais (Tiram e Mancozebe) (Figura 6). No controle dos fungos *C. gloeosporioides*, *C. musae*, *C. fructicola*, *C. asianum*, *A. alternata* e *L. theobromae* o óleo, em sua CMobs, obteve efeito similar ao dos fungicidas. No controle dos fungos *A. brassicicola* e *F. solani*, o óleo nas CMobs teve efeito superior ao fungicida Mancozebe e semelhante ao do fungicida Tiram. Enquanto, no controle de *F. oxysporum f. sp. cubense*, o óleo na CMobs teve efeito superior ao fungicida Tiram e similar ao Mancozebe.

Figura 4. Porcentagem de inibição de crescimento de fitopatógenos em diferentes concentrações do óleo essencial de *Lippia gracilis* e nos tratamentos testemunha.



As concentrações sobrescritas com a mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$).

Observou-se decréscimo no índice de velocidade de crescimento à medida que se aumentou a concentração do óleo essencial, até a paralisação do crescimento dos fitopatógenos quando submetidos às suas respectivas CMobs (ver Tabela 3), havendo diferença significativa das testemunhas negativas que apresentaram as maiores velocidades de crescimento (Tabela 4).

De maneira similar ao ocorrido com as porcentagens de inibição, a velocidade de crescimento micelial dos fungos *C. gloeosporioides*, *C. musae*, *C. fruticola*, *C. asianum*, *A. alternata* e *L. theobromae* sob CMobs foram semelhantes às velocidades obtidas sob tratamento com ambos os fungicidas comerciais. Nos casos dos fungos *A. brassicicola* e *F. solani*, os efeitos foram superiores ao fungicida Mancozebe e similares ao Tiram. Sobre *F. oxysporum f. sp. cubense* o óleo teve efeito superior ao Tiram e similar ao Mancozebe.

Tabela 4. Média dos índices de velocidade de crescimento micelial (cm dia⁻¹ ± DP) de fungos fitopatogênicos na concentração inibitória mínima do óleo essencial de *Lippia gracilis* e nos tratamentos testemunha.

Fitopatógenos	Controle negativo	MCobs*	Tiram	Mancozebe
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	0,88 ± 0,01 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Colletotrichum musae</i>	1,50 ± 0,07 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,08 ± 0,08 b
<i>Colletotrichum fruticola</i>	0,82 ± 0,23 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Colletotrichum asianum</i>	0,50 ± 0,05 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Alternaria alternata</i>	0,58 ± 0,04 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,13 ± 0,11 b
<i>Alternaria brassicicola</i>	0,33 ± 0,01 a	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c	0,11 ± 0,02 b
<i>Fusarium solani</i>	0,89 ± 0,08 a	0,00 ± 0,00 c	0,02 ± 0,02 c	0,24 ± 0,02 b
<i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i>	0,81 ± 0,02 a	0,00 ± 0,00 c	0,06 ± 0,02 b	0,00 ± 0,00 c
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	2,56 ± 0,08 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b

Letras iguais na horizontal não diferem significativamente de acordo com teste de Mann-Whitney (p>0,05).

*Concentração mínima determinada no teste *in vitro*;

5 DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstram a alta capacidade antifúngica do óleo essencial de *Lippia gracilis*, que inibiu totalmente o crescimento dos fungos avaliados mesmo que em concentrações muito baixas (0,0125 a 0,1%). A análise da composição química do óleo essencial de espécies vegetais do gênero *Lippia* revela o timol e/ou o carvacrol como constituintes majoritários (BOTELHO *et al.*, 2007; FRANCO *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2014; FERRAZ *et al.*, 2013; MATOS *et al.*, 1999; NETO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2008), sendo estes compostos comumente associados às suas atividades antimicrobianas. Alguns estudos demonstram a fungitoxicidade do timol e do carvacrol (ABBASZADEH *et al.*, 2014; KORDALI *et al.*, 2008; MORCIA *et al.*, 2012).

Embora os seus mecanismos de ação sejam pouco conhecidos, acredita-se que esses compostos atuem na dissolução das membranas e paredes celulares dos fungos alterando a permeabilidade celular e permitindo a perda de macromoléculas essenciais (ISMAN; MACHIAL, 2006; PINA-VAZ *et al.*, 2004; ŠEGVIĆ KLARIĆ *et al.*, 2007). Em seu estudo, Ahmad *et al.* (2011) demonstraram que a atividade fungicida do timol e carvacrol envolve a inibição da biossíntese do ergosterol e lesões graves às membranas celulares que resultam na morte das células.

Utilizando o óleo essencial de *L. gracilis* em concentrações próximas ou superiores às nossas, outros autores obtiveram resultados semelhantes quanto a inibição. Por exemplo, em condições *in vitro*, Ugulino *et al.* (2018) alcançaram inibição total do crescimento de *Macrophomina phaseolina* em todas as concentrações testadas (0,4 a 1,0%). No controle de *Alternaria sp.*, Barboza (2015) obteve inibição total do crescimento na concentração de 750 $\mu\text{L L}^{-1}$ (0,075%). Enquanto, Albuquerque *et al.* (2006) obtiveram a inibição total do crescimento de *Curvularia lunata* em todas as concentrações a partir de 440 $\mu\text{L L}^{-1}$ (0,044%).

Outras espécies do gênero *Lippia* têm apresentado o mesmo potencial fungitóxico obtido pela espécie *L. gracilis* no controle de fitopatógenos. Souza Júnior, Sales e Martins (2009) avaliaram o efeito do óleo essencial de *Lippia sidoides* e *Lippia citriodora* no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* e obtiveram inibição total do crescimento do fungo em todas as concentrações testadas, que variaram de 1-10 $\mu\text{L mL}^{-1}$ (0,1 a 1,0%). No controle de *Lasiodiplodia theobromae*, Mota *et al.* (2002) testaram *in vitro* o efeito do óleo essencial de *L. sidoides*. O mesmo apresentou efeito tóxico sobre o fungo em todas as concentrações testadas (0,05 a 1,0%), havendo inibição completa do crescimento em todas elas.

Carvalho *et al.* (2013) avaliaram o efeito dos óleos essenciais de *L. sidoides* e *L. gracilis* sobre o crescimento de *Thielaviopsis paradoxa* em concentrações que variaram de 0,02 a 0,3%. Todas as concentrações do óleo essencial de *L. sidoides* inibiram o desenvolvimento do fungo, correspondendo a 100% de inibição do crescimento micelial. Enquanto que nenhuma das concentrações do óleo de *L. gracilis* exerceu inibição sobre o crescimento de *T. paradoxa*. Isso demonstra que apesar do elevado potencial fungitóxico expresso sobre diferentes fitopatógenos, a capacidade antifúngica do óleo essencial de *L. gracilis* pode variar a depender do patógeno combatido.

O óleo essencial obtido de espécies do gênero *Lippia* possuem composição química semelhante, havendo pequenas variações no teor de seus constituintes (CRUZ *et al.*, 2013). A similaridade entre efeitos de inibição observados e descritos acima pode ter se dado em função dessa semelhança composicional entre espécies do mesmo gênero.

No presente estudo, o óleo essencial de *L. gracilis* inibiu totalmente o crescimento micelial de nove fungos fitopatogênicos, a partir de concentrações que variaram entre 0,0125 e 0,1%. Quanto à inibição, nossos resultados foram superiores aos obtidos por outros autores que avaliaram o efeito fungitóxico dos óleos essenciais de outras espécies vegetais sobre as mesmas espécies fúngicas.

Oliveira Júnior *et al.* (2013) testaram o óleo essencial de aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolius*) sobre o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* em concentrações que variaram entre 0,05 e 0,5%. A inibição máxima obtida com a maior concentração foi de apenas 79%. Utilizando o óleo de capim limão (*Cymbopogon citratus*) entre concentrações de 0,15 a 1,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$ (0,015 a 0,125%), Oliveira *et al.* (2018) obtiveram inibições máximas de 37,8 e 37% do crescimento micelial de *Colletotrichum fructicola* e *Colletotrichum asianum*, respectivamente.

O efeito *in vitro* do óleo essencial de mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) sobre o crescimento de *C. gloeosporioides*, *Colletotrichum musae* e *Fusarium oxysporum* foi avaliado por Jardim *et al.* (2010). A inibição total dos fungos foi obtida apenas na máxima concentração testada (0,3%). Nas demais, a inibição foi intermediária e variou entre 40 e 50%.

Freire *et al.* (2012) avaliaram o óleo essencial de hortelã (*Mentha piperita*) no controle das mesmas espécies citadas acima, e o óleo essencial bruto inibiu totalmente o crescimento destes fungos na concentração de 0,2%. Mishra e Dubey (1994) testaram a fungitoxidade do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* sobre *Fusarium solani* e determinaram que as concentrações de 500, 1.000 e 1.500 ppm (0,05; 0,1 e 0,15%) foram hipertóxicas ao fungo.

O controle *in vitro* de *Alternaria alternata* utilizando o óleo de hortelã (*Mentha piperita*) foi avaliado por França *et al.* (2018) entre concentrações de 0,4 a 1,0%. As inibições máximas obtidas variaram de 37,1 a 41,6 nas maiores concentrações do óleo. Através da análise de regressão, os autores estimaram que a inibição total do crescimento do fungo poderia ocorrer ao utilizar o óleo na concentração de 2,26%.

Udomsilp *et al.* (2009) avaliaram o efeito fungitóxico dos óleos essenciais de olíbano (*Boswellia carterii*) e acácia-amarela (*Acacia farnesiana*) no controle *in vitro* de *Alternaria brassicicola* em concentrações que variaram de 0,4 a 2,0%. Na maior concentração (2,0%) o óleo de olíbano inibiu o crescimento do fungo em 71,29%, enquanto que o óleo de acácia inibiu em 100% a partir da concentração de 1,0%.

Sousa, Serra e Melo (2012) avaliaram o efeito de doze óleos essenciais no controle de *C. gloeosporioides* em concentrações que variaram de 0,2 a 1,0%. Apenas os óleos essenciais de pau rosa (*Aniba rosaeodora*) e hortelã (*Mentha* sp.) apresentaram efeito semelhante ao obtido no presente estudo. Os demais óleos proporcionaram inibição inferior, uma vez que não foram capazes de inibir totalmente o crescimento micelial do fungo em nenhuma das concentrações testadas.

De acordo com Antunes e Cavaco (2010), cada óleo essencial poderá exercer atividade antimicrobiana sobre uma gama de microrganismos, no entanto, assim como comparadas acima, as concentrações necessárias para obtenção de efeito significativo podem variar a depender do microrganismo avaliado. Ao mesmo tempo que o possível efeito antifúngico dependerá da composição química do óleo que é particular em cada espécie vegetal e da susceptibilidade dos microrganismos avaliados a estes constituintes.

Além disso, vários fatores podem atuar sobre a composição química dos óleos, os quais influenciam diretamente nas suas atividades biológicas (RUSSO *et al.* 2013), incluindo a atividade antimicrobiana. Entre os fatores de variabilidade composicional, pode-se destacar: fatores genéticos, como espécie, cultivar, ecótipo (MORAIS, 2009; RUSSO *et al.*, 2013), fatores ecológicos e condições edafoclimáticas (ANDRADE, *et al.*, 2012) e fatores relacionados ao próprio material vegetal utilizado, como estado fenológico da planta, estação de cultivo (ISMAN; MACHIAL, 2006), horário da colheita e todo o cuidado e preparo do material antes da sua extração (MAIA *et al.*, 2015).

Tendo em vista possíveis aplicações antifúngicas do óleo essencial de *L. gracilis* sobre fitopatógenos, comparamos o seu efeito fungitóxico com os obtidos por dois fungicidas sintéticos comerciais. Como resultado, observamos uma excelente atividade biológica do óleo

em comparação aos defensivos químicos investigados. A similaridade e até superioridade dos efeitos do óleo de *L. gracilis* em comparação aos fungicidas comerciais sugere que em condições *in vitro* o óleo essencial poderia substituir totalmente a utilização desses produtos, promovendo vantagens significativas sobre a utilização de defensivos químicos.

Devido a elevada complexidade química, os óleos essenciais promovem o controle microbiano através do sinergismo ou antagonismo entre vários de seus constituintes (BAGAMBOULA; UYTTENDAELE; DEBEVERE, 2004; RUSSO *et al.*, 2013) associados a múltiplos mecanismos de ação que atuam em diversos alvos ao mesmo tempo (ABDEL-KADER *et al.*, 2011; HOYOS *et al.*, 2012). Isso garante uma vantagem significativa em relação ao fungicida sintético por dificultar o surgimento de resistência microbiana (FENG; ZHENG, 2007) uma vez que esses produtos químicos convencionais podem ter um único alvo de atuação no patógeno (BEBBER; GURR, 2015).

Apesar de no presente estudo, a maioria dos fungos ter seu crescimento paralisado em concentrações que variaram de 0,025 e 0,1%, algumas das inibições obtidas nas concentrações inferiores a estas foram bastante significativas (>60%). Do ponto de vista econômico esse é mais um benefício da utilização do óleo essencial de *L. gracilis*, uma vez que é possível a obtenção de uma forte inibição micelial utilizando-se concentrações mínimas, as quais associadas a outras técnicas de manejo, poderiam promover um controle efetivo do patógeno com economia do produto.

Entre os benefícios da utilização dos óleos essenciais como método alternativo no controle desses fitopatógenos, destacam-se a baixa toxicidade e rápida degradação pelo ambiente (COIMBRA *et al.*, 2006; GUILHON *et al.*, 2011). A minimização de riscos à saúde do produtor e do consumidor final também podem ser citados como benefícios deste produto. Em condições *in vivo*, o óleo essencial poderia ser utilizado de maneira integrada à outras técnicas de manejo pré e pós-colheita reduzindo os impactos ambientais causados pelo uso exclusivo do controle químico.

Apesar dos excelentes resultados obtidos no presente estudo, é necessário a realização de estudos futuros abordando o controle *in vivo* destes fitopatógenos, pois o efeito do óleo sobre a relação patógeno-hospedeiro pode diferir consideravelmente do efeito observado em testes *in vitro*. É importante avaliar a atividade do óleo de *L. gracilis* sobre espécies vegetais de valor comercial e também que sejam estabelecidas concentrações seguras do produto.

6 CONCLUSÕES

- Em condições *in vitro*, o óleo essencial de *Lippia gracilis* (Schauer) apresentou efeito similar e, em alguns casos, superior ao obtido pelos fungicidas sintéticos Tiram e Mancozebe.
- A inibição total do crescimento micelial dos fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum fructicola*, *Colletotrichum asianum*, *Alternaria alternata*, *Alternaria brassicicola*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, *Fusarium solani* e *Lasiodiplodia theobromae* em concentrações que variaram entre 0,0125 e 0,1%.

REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, S. *et al.* Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. **Journal de Mycologie Medicale**, v. 24, n. 2, p. 1-6, 2014.
- ABD-ALLA, M.A.; WAFFA, M.G.; New safe methods for controlling anthracnose disease of mango (*Mangifera indica* L.) fruits caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). **Journal of American Science**, v. 8, n. 8, p. 361-367, 2010.
- ABDEL-KADER, M.M.; EL-MOUGY, N.S.; LASHIN, S.M. Essential oils and *Trichoderma harzianum* as an integrated control measure against faba bean root rot pathogens. **Journal of Plant Protection Research**, v. 51, n. 3, p. 306-311, 2011.
- ADAMI, A.C.O. *et al.* Oferta de exportação de frutas do Brasil: o caso da manga e do melão, no período de 2004 a 2015. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n. 4, p. 63-78, 2016.
- AHMAD, A. *et al.* Fungicidal activity of thymol and carvacrol by disrupting ergosterol biosynthesis and membrane integrity against *Candida*. **European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases**, v.30, n.1, p.41–50, 2011.
- AKILA, R. *et al.* Combined application of botanical formulations and biocontrol agents for the management of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) causing Fusarium wilt in banana. **Biological Control**, v. 57, p. 175-183, 2011.
- ALAHAKOON, P.W.; BROWN, A.E.; SREENIVASAPRASAD, S. Cross-infection potential of genetic groups of *Colletotrichum gloeosporioides* on tropical fruits. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 44, p. 93-103, 1994.
- ALANIZ, S.; HERNÁNDEZ, L.; MONDINO, P. *Colletotrichum fructicola* is the dominant and one of the most aggressive species bitter rot of apple in Uruguay. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, p. 265-274, 2015.
- ALBUQUERQUE C.C. *et al.* Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 4, p. 527-535, 2006.
- ALMADA-RUIZ, E. *et al.* Fungicidal potential of methoxylated flavones from citrus for in vitro control of *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of anthracnose disease in tropical fruits. **Pest Management Science**, v. 59, p. 1245-1249, 2003.

ALMEIDA, F.A. *et al.* Diagnóstico e quantificação de doenças fúngicas da acerola no estado da Paraíba. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 176-179, 2003.

AMEIN, T. *et al.* Evaluation of non-chemical seed treatment methods for control of *Alternaria brassicicola* on cabbage seeds, **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 118, n. 6, p. 214-221, 2011.

AMMAR, M.I. Fusarium species associated with corm rots and wilt of banana (*Musa* sp.) under Egyptian conditions. **Egyptian Journal of Phytopathology**. v. 35, p. 81-98, 2007.

AMORIM, E.P. *et al.* Quality improvement of cultivated Musa. In: PILLAY, M.; TENKOUANO, A. (Org.). **Banana breeding: progress and challenges**. New York: CRC Press, p. 252-280, 2011.

ANDRADE, M.A. *et al.* Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: Composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.

ANTUNES, M.D.C.; CAVACO, A. M. The use of essential oils for postharvest decay control. A review. **Flavour and Fragrance Journal**, v.25, p. 351-366, 2010.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Seminário volta a discutir mercado de agrotóxicos em 2012**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2665456&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=seminario-volta-a-discutir-mercado-de-agrotoxicos-em-2012&inheritRedirect=true>, Acesso em: 28/08/2018.

AOKI, T. *et al.* Sudden-death syndrome of soybean is caused by two morphologically and phylogenetically distinct species within the *Fusarium solani* species complex — *F. virguliforme* in North America and *F. tucumaniae* in South America. **Mycologia**, v. 95, n. 4, p. 660-684, 2003.

- ARAÚJO NETO, S.E. *et al.* Controle pós-colheita da antracnose do maracujazeiro-amarelo com aplicação de óleo de copaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 509-514, 2014.
- ASHWINI, N.; SRIVIDYA, S. Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent for management of anthracnose disease of chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. **Biotechnology**, v. 4, p. 127-136, 2014.
- AZEVEDO, F.A. *et al.* Resposta de diferentes genótipos de tangerinas e seus híbridos à inoculação *in vitro* e *in vivo* de *Alternaria alternata*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1-8, 2010.
- BAGAMBOULA, C.F.; UYTENDAELE, M.; DEBEVERE, J. Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. **Food Microbiology**, v. 21 p. 33-42, 2004.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BARBOZA, H.S. Efeito fungitóxico do óleo essencial de alecrim-da-chapada em *Alternaria* sp. 2015. 31fls. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró. 2015.
- BASTOS, C.N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipelis pernicioso* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 441-3, 1997.
- BASTOS, C.N.; ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 555-557, 2004.
- BEBBER, D.P.; GURR, S.J. Crop-destroying fungal and oomycete pathogens challenge food security. **Fungal Genetics and Biology**, v. 74, p. 62-64, 2015.
- BHARDWAJ, S.K. Evaluation of plant extracts as antifungal agents against *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 8, n. 4, p. 385-388, 2012.
- BHUYAN, P.D. *et al.* Effect of essential oils from *Lippia geminata* and *Cymbopogon jwarancusa* on *in vitro* growth and sporulation of two rice pathogens. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, p. 1333-1340, 2010.

- BITU, V.C.N. *et al.* Chemical composition of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer leaves and its potential as modulator of bacterial resistance. **Natural Product Research**, v. 28, n. 6, p. 399-402, 2014.
- BONETT, L.P. *et al.* Biocontrole *in vitro* de *Colletotrichum musae* por isolados de *Trichoderma* spp. **Uniciências**, v. 17, n. 1, p. 5-10, 2013.
- BONETT, L.P. *et al.* Extrato etanólico de representantes de cinco famílias de plantas e óleo essencial da família Asteraceae sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* coletados de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 116-125, 2012.
- BOOTH, C. The genus *Fusarium*. Kew: Survey, C.M.I. 238p., 1971.
- BOTELHO, M.A. *et al.* Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, n. 3, p. 349-356, 2007.
- BRAGANÇA, C.A.D. *et al.* First report of *Colletotrichum fructicola* causing anthracnose in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Brazil. **Plant disease**, p. 1-3, 2015.
- BRUM, R.B.C.S. *et al.* Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 361-371, 2014.
- BUENO, G.; BACCARIN, J.G. Participação das principais frutas brasileiras no comércio internacional: 1997 a 2008. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 424-434, 2012.
- CABRAL, C.S. *et al.* A Root rot of chickpea caused by isolates of the *Fusarium solani* Species Complex in Brazil. **Plant disease**, v. 100, n. 10, p. 2171, 2016.
- CAMARGO, R.B. *et al.* Fungos causadores de podridões pós-colheita em uvas apirênicas no pólo agrícola de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. **Revista caatinga**, v. 24, n. 1, p. 15-19, 2011.
- CANDIDO SILVA, E.K.; MELO, L.G.L. Manejo de doenças de plantas: Um enfoque agroecológico. **Revista EDUCamazônia–Educação Sociedade e Meio Ambiente**. v. 10, n. 1, p. 143-157, 2013.
- CARDOSO, J.E. *et al.* Ocorrência endofítica de *Lasiodiplodia theobromae* em tecidos de cajueiro e sua transmissão por propágulos. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 4, p. 262-266, 2009.

- CARDOSO, J.E.; MAIA, C.B.; PESSOA, M.N.G. Ocorrência de *Pestalotiopsis psidii* e *Lasiodiplodia theobromae* causando podridão no caule da goiabeira no Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 230, 2002.
- CARNELOSSI, P.R. *et al.* Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 399-406, 2009.
- CARVALHO, R.R.C. *et al.* *In vitro* activity of essential oils of *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* and their major chemical components against *Thielaviopsis paradoxa*, causal agent of stem bleeding in coconut palms. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 241-244, 2013.
- CASTELLANI, A. Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi of man in sterile distilled water. Further Researches. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 70, p. 181-84, 1967.
- CASTRO, N.R. *et al.* Ocorrência, métodos de inoculação e agressividade de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* em *Heliconia* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 2, p. 127-130, 2008.
- CHANDRAN, M.R.; KUMAR, M.R. Studies on cultural, morphological variability in isolates of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., incitant of dry root-rot of Citrus. **Current Biotica**, v. 6, n. 2, p. 152-162, 2012.
- CHE, J. *et al.* Biocontrol of *Lasiodiplodia theobromae*, which causes black spot disease of harvested wax apple fruit, using a strain of *Brevibacillus brevis* FJAT-0809-GLX. **Crop Protection**, v. 67, p. 178-183, 2015.
- CHUTIA, M. *et al.* Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 777-780, 2009.
- COATES, L.; JOHNSON, G. Postharvest diseases of fruit and vegetables. In: BROWN, H.; OGLE, H. **Plant pathogens and plant diseases**. 1 ed. Rockvale Publications, 1997, capítulo 33, p. 533-547.
- COIMBRA, J.L. *et al.* Toxicidade de extratos vegetais a *Scutellonema bradys*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1209-1211, 2006.

CONCEIÇÃO, J.C.P.; CONCEIÇÃO, P.H.Z. da. **Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Texto para discussão. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília, 36p. 2014.

CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira (*Musa* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 113-136.

CRAVEIRO, A.A.; FERNANDES, A.G.; ANDRADE, C.H.S.; MATOS, F.J.A.; ALENCAR, J.W.; MACHADO, M.I.L. **Óleos essenciais de plantas do nordeste**. Fortaleza: Edição UFC; 1981. p. 150

CRUZ, E. M. DE O. *et al.* Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 195, n. (1/2), p. 198-202, 2013.

DANTAS, L.I.S. *et al.* Atividade antibacteriana do óleo essencial de *Lippia gracilis* Schauer sobre patógenos de importância na indústria de alimentos, **HOLOS**, v. 5, p. 116-123, 2010.

DANTAS, S.A.F. *et al.* Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na central de abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528-533, 2003.

DEAN, R.; KAN, J.A.L.V.; PRETORIUS, Z.A.; HAMMOND-KOSACK, K.E.; DI PIETRO, A.; SPANU, P.D.; RUDD, J.J.; DICKMAN, M.; KAHMANN, R.; ELLIS, J.; FOSTER, G.D. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, n. 4, p. 414-430, 2012.

DEEP, S. *et al.* Diversity in India isolates of *Alternaria brassicicola* (Schwein) Wiltshire causing black leaf spot disease in cauliflower. **Plant Pathology Journal**, v. 13, n. 4, p. 232-245, 2014.

DEEP, S.; SHARMA, P. Host age as predisposing factor for incidence of black leaf spot of cauliflower caused by *Alternaria brassicae* and *Alternaria brassicicola*. **Indian Phytopathology**, v. 65, n. 1, p. 71-75, 2012.

DEMARTELAERE, A.C.F. *et al.* Extratos vegetais no controle da antracnose e na conservação da qualidade em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, supl. 3, p. 1041-1048, 2015.

- DEMARTELAERE, A.C.F. *et al.* Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 2, p. 211-217, 2017.
- DISSANAYAKE, A.J. *et al.* Botryosphaeriaceae: Current status of genera and species. **Mycosphere**, v. 7, n. 7, p. 1001-1073, 2016.
- DROBY, S. PRUSKY, D. Induction of antifungal resorcinols in flesh of unripe mango fruits and its relation to latent infection by *Alternaria alternata*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 30, p. 285-22, 1987.
- EMBRAPA. Visão 2030: **O futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 212 p, 2018.
- FENG, W.; ZHENG, X. Essential oils to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo*. **Food Control**, v. 18, 1126-1130, 2007.
- FERRAZ, R. P. C. *et al.* Cytotoxic effect of leaf essential oil of *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae). **Phytomedicine**, v. 20, n. 7, p. 615-621, 2013.
- FISCHER, I.H. *et al.* Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no centro oeste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 254-259, 2007.
- FISCHER, I.H. Pós-colheita de abacates ‘Fuerte’ e ‘Hass’: características físicas e químicas, danos e controle de doenças. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 209-220, 2011.
- FISCHER, I.H. *et al.* Efeito de fungicidas e produtos alternativos no controle da antracnose e da pinta preta da goiaba. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2753-2766, 2012.
- FRANÇA, K. R. S. *et al.* In vitro Effect of essential oil of peppermint (*Mentha x piperita* L.) on the mycelial growth of *Alternaria alternata*. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, n. 5, p. 1-7, 2018.
- FRANCO, C.S. *et al.* Composition and antioxidant and antifungal activities of the essential oil from *Lippia gracilis* Schauer. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 30, p. 3107-3113, 2014.
- FREIRE, F.C. *et al.* Novos Hospedeiros do Fungo *Lasiodiplodia theobromae* no estado do Ceará. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 6p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 91).

- FREIRE, M.M. *et al.* Composition, antifungal activity and main fungitoxic components of the essential oil of *Mentha piperita* L. **Journal of Food Safety**, v. 32, n. 1, p. 29-36, 2012.
- GAN, P.I. *et al.* Markers to differentiate species of anthracnose fungi identify *Colletotrichum fructicola* as the predominant virulent species in strawberry plants in Chiba Prefecture of Japan. **Journal of General Plant Pathology**, v. 83, n. 1, p. 1-9, 2016.
- GÁSPERI, A.C., PRESTES, A.M.; COSTAMILAN, L.M. Reação de cultivares de soja à podridão vermelha da raiz causada por *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 544-547. 2003.
- GHADIRI, M.R. *et al.* Study on antifungal activity of some salts on growth and dry rot development of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 13, n. 5, p. 668-672, 2013.
- GOMES, S.V.F.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Ecletica Química**, v. 36, n. 1, p. 64-77, 2011.
- GOMES, V.M. *et al.* Guava decline: A complex disease involving *Meloidogyne mayaguensis* and *Fusarium solani*. **Phytopathology**, v. 159, p. 45-50, 2011.
- GRIFFEE, P.J. Resistance to benomyl and related fungicides in *Colletotrichum musae*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 60, n. 3, p. 433-439, 1973.
- GUILHON, C.C. *et al.* Characterization of the anti-inflammatory and antinociceptive activities and the mechanism of the action of *Lippia gracilis* essential oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 135, p. 406-413, 2011.
- GUIMARÃES, A.G. *et al.* Phytochemical characterization and antinociceptive effect of *Lippia gracilis* Schauer. **Journal of Natural Medicines**, v. 66, p. 428-434, 2012.
- GUIMARÃES, L. G.L. *et al.* Óleo essencial de *Lippia sidoides* nativas de minas gerais: Composição, estruturas secretoras e atividade antibacteriana. **Revista Ciencia Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 267-275, 2014.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**. v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

- HECK, D. W. Supressividade a *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense por produtos orgânicos. **Dissertação** (Mestrado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu – SP. 2015.
- HIRAYAMA, Y. *et al.* Control of *Colletotrichum fructicola* on strawberry with a foliar spray of neutral electrolyzed water through an overhead irrigation system. **Journal of General Plant Pathology**, v. 82, p. 186-189, 2016.
- HOYOS, J.M.A. *et al.* Antifungal activity and ultrastructural alterations in *Pseudocercospora griseola* treated with essential oils. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 3, p. 270-284, 2012.
- HUANG, F. *et al.* *Colletotrichum* species associated with cultivated citrus in China. **Fungal Diversity**, v. 61, p. 61-74, 2013.
- HYDE, K.D. *et al.* *Colletotrichum* - names in current use. **Fungal Diversity**, v. 39, p. 147-182, 2009.
- ISMAIL, A.M. *et al.* Characterization of *Colletotrichum* species causing anthracnose disease of mango in Italy. **Journal of Plant Pathology**, v. 97, n. 1, p. 161-171, 2015.
- ISMAN, M.B.; MACHIAL, C. M. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: RAI, M.; CARPINELLA, M.C. **Advances in Phytomedicine: Naturally Occurring Bioactive Compounds**, v. 3, p. 29-44, 2006.
- JARDIM, C.M. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of the hexane extract of the brazilian *Chenopodium Ambrosioides* L. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 10, p. 1814-1818, 2010.
- JEFFRIES, P.; DODD, J.C. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. **Plant Pathology**, v. 39, p. 343-366, 1990.
- JIANG, J. *et al.* Identification and characterization of *Colletotrichum fructicola* causing black spots on young fruits related to bitter rot of pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) in China. **Crop Protection**, v. 58, p. 41-48, 2014.
- JUNQUEIRA, N.T.V. *et al.* Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro-azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas herbáceas de *Passiflora silvestre*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 97-100, 2006.

KOKETSU, M.; GONÇALVES, S.L. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor**. Embrapa - CTAA, Rio de Janeiro, 1991. 24p.

KORDALI, S. *et al.* Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 18, p. 8788-8795, 2008.

KRISHNAPILLAI, N.; WIJERATNAM, R.S.W. First report of *Colletotrichum asianum* causing anthracnose on 'Willard' mangoes in Sri Lanka. **New Disease Reports**, v. 29, p. 1, 2014.

LEMOS, L.M.C. *et al.* Controle da antracnose na pós-colheita de manga 'ubá' com o uso de produtos alternativos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 962-970, 2013.

LI, B.J. *et al.* First Report of Crown Rot of Grafted Cucumber Caused by *Fusarium solani* in China. **Plant disease**, v. 94, n. 11, p. 1377, 2010.

LIMA FILHO, R.M.; OLIVEIRA, S.M.A.; MENEZES, M. Caracterização enzimática e patogenicidade cruzada de *Colletotrichum* spp. associados a doenças de pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 620-625. 2003.

LIMA, J.S. *et al.* Caracterização cultural de isolados de *Lasiodiplodia theobromae* e patogenicidade em plantas de aceroleira. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2012.

LIMA, N.B. *et al.* Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. **Fungal Diversity**, v. 61, p. 75-88, 2013.

LINDE, J.H. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of the essential oils of *Lippia rehmannii* from South África. **South African Journal of Botany**, v. 76, p. 37-42, 2010.

LINS, S.R.O. *et al.* Controle alternativo da podridão peduncular em manga. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 121-126, 2011.

LOGRIECO, A.; MORETTI, A.; SOLFRIZZO, M. *Alternaria* toxins and plant diseases: An overview of origem, occurrence and risks. **World Mycotoxin Journal**, v. 2, n. 2, p. 129-140, 2009.

- MAIA, T.F.; DONATO, A.; FRAGA, M.E. Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 105-116, 2015.
- MARCELINO JR., C. A. C. *et al.* Utilizando uma cuscuzeira extração de óleo essencial do alecrim-da-chapada (*Lippia gracillis*), uma planta da caatinga. **Química Nova na Escola**. v.22, p.51-53, 2005.
- MATOS, F.J.D.A. *et al.* Medicinal plants of northeast brazil containing thymol and carvacrol – *Lippia sidoides* cham. and *L. gracilis* H.B.K. (Verbenaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, n. 6, p. 666-668, 1999.
- MELO, J.O.DE. *et al.* Antidermatophytic and antileishmanial activities of essential oils from *Lippia gracilis* Schauer genotypes. **Acta Tropica**, v. 128, p. 110-115, 2013.
- MENDES, S.S. *et al.* Evaluation of the analgesic and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Lippia gracilis* leaves, **Journal of Ethnopharmacology**, v. 129, p. 391-397, 2010.
- MICHEREFF SJ. *et al.* Survey and prevalence of species causing *Alternaria* leaf spots on brassica species in Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 345-348, 2012.
- MICHEREFF, S.J. *et al.* Variabilidade de isolados de *Alternaria brassicicola* no Estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 656-663, 2003.
- MISHRA, A.K.; DUBEY, N.K. Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 40, p. 1101-1105, 1994.
- MMBAGA, M.T.; SHI, A.; KIM, M. Identification of *Alternaria alternata* as a Causal Agent for Leaf Blight in Syringa Species. **Plant Pathology Journal**, v.27, n.2, p.120-127, 2011.
- MONTEALEGRE, J. *et al.* Identificación de *Fusarium solani* (mart.) Sacc. como agente causal de la podredumbre del pie de tomate. **Boletín Micológico**, v. 18, p. 53-55, 2003.
- MORAES, W. S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J. D. Incidence of mushrooms in post harvest of banana (*Musa spp.*) ‘Prata Anã’ (AAB). **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 67-70, 2006.
- MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

- MORCIA, C. *et al.* *In vitro* antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1, 8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. **Food Additives & Contaminants**, v. 29, n. 3, p. 415-422, 2012.
- MORETTI, A.N. Taxonomy of fusarium genus, a continuous fight between lumpers and splitters. **Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad**, n.117, p.7-13, 2009.
- MOTA, J.C.O. *et al.* Efeito de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais no controle *in vitro* de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Venezuelana**. v. 15, n. 1, p. 2-6, 2002.
- MUNIZ, C.R. *et al.* Colonization of cashew plants by *Lasiodiplodia theobromae*: Microscopical features. **Micron**, v. 42, p. 419-428, 2011.
- NASCIMENTO, F.R. *et al.* Efeito do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC) e do emulsificante Tween® 80 sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata* (Fungi: Hyphomycetes). **Acta amazônica**, v. 38, n. 3, p. 503-508, 2008.
- NASCIMENTO, F.V. *et al.* Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 313-317, 2014.
- NETO, R. M. *et al.* The essential oil from *Lippia gracilis* Schauer, Verbenaceae, in diabetic rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 261-266, 2010.
- NETTO, M.S.B. Taxonomia e epidemiologia comparativa de Botryosphaeriaceae associada à gomose do cajueiro. 2016. 106 f. **Tese** (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- NEVES, I.A. *et al.* Chemical composition of the leaf oils of *Lippia gracilis* Schauer from two localities of Pernambuco, **Journal of Essential Oil Research**, v. 20, n. 2, p. 157-160, 2008.
- NÓBREGA, L.P. *et al.* *In vitro* fungitoxic potential of Copaiba and Eucalyptus essential oils on phytopathogens. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 29, n. 3, p. 1-10, 2019.
- OLIVEIRA JÚNIOR, L.F.G. *et al.* Efeito fungitóxico do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 150-157, 2013.
- OLIVEIRA, J.A. Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativas* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.). 1991. 111 f.

- Dissertação** (Mestrado em Fitossanidade) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.
- OLIVEIRA, L.F.G. *et al.* Efeito fungitóxico do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* RADDI) sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 150-157, 2013.
- OLIVEIRA, M.Z.A. *et al.* Fungo *Lasiodiplodia theobromae*: um problema para agricultura baiana. **Bahia Agrícola**, v. 9, n. 2, p. 24-29, 2013.
- OLIVEIRA, P.D.L. *et al.* Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 266, p. 87-94, 2018.
- OOTANI, M.A. *et al.* Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 162-174, 2013.
- PASIANI, J.O. Knowledge, attitudes, practices and biomonitoring of farmers and residents exposed to pesticides in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 9, p. 3051-3068, 2012.
- PASTRANA, A.M. *et al.* First report of *Fusarium solani* causing crown and root rot on strawberry crops in southwestern Spain. **Plant disease**, v. 98, n. 1, p. 161, 2014.
- PEDRAS, M.S.C. *et al.* The phytopathogenic fungus *Alternaria brassicicola*: Phytotoxin production and phytoalexin elicitation. **Phytochemistry**, v. 70, p. 394-402, 2009.
- PEIXINHO, G.S.; RIBEIRO, V.G.; AMORIN, E.P.R. Ação do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis*) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 1, p.32-35, 2017.
- PENG, L.J. *et al.* *Colletotrichum* species on grape in Guizhou and Yunnan provinces, China. **Mycoscience**, v. 54, p. 29-41, 2013.
- PEREIRA, A.C.R.L. *et al.* Atividade inseticida de óleos essenciais fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.], **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 717-724, 2008.

- PEREIRA, A.V.S. *et al.* Sensitivity of *Lasiodiplodia theobromae* from brazilian papaya orchards to MBC and DMI fungicides. **European Journal of Plant Pathology**, v. 132, p. 489-498, 2012.
- PEREIRA, J.C.R. *et al.* Ocorrência do mal-do-panamá em bananeira do subgrupo Figo, em Piau, Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 574, 2005.
- PEREIRA, M.C. *et al.* Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 731-738, 2006.
- PERINA, F.J. Óleos essenciais e frações majoritárias ativas no controle da mancha marrom de alternaria (*Alternaria alternata*) em tangerina ponkan. 2014. 112f. **Tese** (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.
- PERUCH, L.A.M.; MICHEREFF, S.J. Sobrevivência saprofítica de *Alternaria brassicicola* e manejo de restos foliares de brócolos, **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 13-18, 2007.
- PHILIPS, A.J.L. *et al.* The Botryosphaeriaceae: Genera and species known from culture. **Studies in Mycology**, v. 76, p. 51-167, 2013.
- PHOULIVONG, S. *et al.* *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. **Fungal Diversity**, v. 44, p. 33-43, 2010.
- PINA-VAZ, C. *et al.* Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, v. 18, n. 1, p. 73-78, 2004.
- PLOETZ, R.C. Fusarium wilt of Banana. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, 2015.
- POLTRONIERI, L.S. *et al.* Incidência de *Fusarium solani* em mandioca no estado do Pará. **Fitopatologia brasileira**, v. 27, n. 5, p. 544, 2002.
- PRIHASTUTI, H. *et al.* Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand. **Fungal Diversity**, v. 39, p. 89-109, 2009.
- PUNITHALINGAM, E. **Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae***. Vaduz: Pat. J. Cramer, 1980. 123 p.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria; 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

- RAKESH, K.P.; SINGH, R., Anthracnose of mango incited by *Colletotrichum gloeosporioides*: A comprehensive review. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 5, n. 1, p. 48-56, 2017.
- RAM, C. Epidemiologia e controle químico da “Queima das folhas” (*Lasiodiplodia theobromae*) *Cocos nucifera*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 215-220, 1989.
- RENAUD, M.S.A. *et al.* Escala diagramática para avaliação da mancha marrom de alternaria de citros. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 3, p. 270-271, 2008.
- RIBAS, P.R.; MATSUMURA, A.T.S. A química dos agrotóxicos: Impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158. 2009.
- RIBEIRO, J.G.; SERRA, I.M.R.S.; ARAÚJO, M.U.P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 160-164, 2016.
- RIGOTTO, R.M.; VASCONCELOS, D.P.; ROCHA, M.M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, v. 30, n. 7, p. 1-3, 2014.
- ROJO, F.G. *et al.* Biological control by *Trichoderma* species of *Fusarium solani* causing peanut brown root rot under field conditions. **Crop Protection**, v. 26. p. 549-555, 2007.
- ROMANAZZI, G. *et al.* Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 22, p. 1-6, 2001.
- RUSSO, M. *et al.* Essential oil chemical composition and antifungal effects on *Sclerotium cepivorum* of *Thymus capitatus* wild populations from Calabria, southern Italy. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 2, p. 239-248, 2013.
- SAINI T.J.; GUPTA S.G.; ANANDALAKSHMI, R. First report of papaya anthracnose caused by *Colletotrichum fructicola* in India. **New Disease Reports**, v. 34, p. 27, 2016.
- SALO, P.M.; M. ARBES, S.J.; *et al.* Exposure to *Alternaria alternata* in US homes is associated with asthma symptoms. **Allergy and Clinical Immunology**, v. 118, n. 4, p. 832-898, 2006.

- SANTANA, V.S.; MOURA, M.C.P.M.; NOGUEIRA, F.F. Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000-2009, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 3, p. 598-606, 2013.
- SANTOS, A.C.A. *et al.* Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010.
- SANTOS, I.T.B.F. *et al.* Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi como controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia theobromae*, fungos fitopatogênicos de pós-colheita. **Revista GEINTEC**, v. 4, n. 4, p. 1409-1417, 2014.
- SASAN, R.; BIDOCHKA, M.J. Antagonism of the endophytic insect pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* against the bean plant pathogen *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 288-293, 2013.
- ŠEGVIĆ KLARIĆ, M. *et al.* Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. **Letters in Applied Microbiology**. v. 44, p. 36-42, 2007.
- SHARMA, G. *et al.* Report of *Colletotrichum asianum* Causing Mango Anthracnose in South Africa. **Plant disease**, v. 99, n. 5, p. 725, 2015.
- SHARMA, G.; SHENOY, B.D. *Colletotrichum fructicola* and *C. siamense* are involved in chilli anthracnose in India. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 47, n. 10, p. 1179-1194, 2014.
- SHARMA, M.; KULSRHESTHA, S. *Colletotrichum gloeosporioides*: An anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables. **Biosciences Biotechnology Research**, v. 12, n. 2, p. 1233-1246, 2015.
- SHIVAS, R.G. *et al.* *Colletotrichum* species in Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 5, p. 447-464, 2016.
- SILVA, A.C. *et al.* Essential oils from *Hyptis marrubioides*, *Aloysia gratissima* and *Cordia verbenacea* reduce the progress of Asian soybean rust. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, n. 2, p. 159-166, 2014.
- SILVA, C.M.M.S.; MELO, I.S. De. Requisitos nutricionais para o fungo. *Alternaria alternata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 499-503, 1999.

SILVA, K.S. *et al.* Patogenicidade causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) em diferentes espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 131-133, 2006.

SILVA, S.O. *et al.* Melhoramento genético da bananeira: Estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.3, p.919-931, 2013.

SILVA, V.M. *et al.* Atividade antifúngica de *Lippia sidoides* e *Lippia gracilis* na inibição do crescimento de *Rhizoctonia solani*. In: **52° Congresso Brasileiro de Olericultura**, 2012, Salvador. Agroindustrialização de hortaliças: geração de emprego e renda no campo, v. 30. p. 2135-2140. 2012.

SILVA, W.J. *et al.* Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 8, p. 3251-3255, 2008.

SNYDER, W.C.; HANSEN, H.N. The species concept in *Fusarium*. **American Journal of Botany**, v. 27, n. 2, p. 64-67, 1940.

SNYDER, W.C.; HANSEN, H.N. Variation and Speciation in the Genus *Fusarium*. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 60, n. 1, p. 16-23, 1954.

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.

SOUZA JÚNIOR, I.T.; SALES, N.L.P.; MARTINS, E.R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 77-83, 2009.

SUNDARAMOORTHY, S. *et al.* Combinatorial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria against wilt disease of *Capsicum annum* L. caused by *Fusarium solani*. **Biological Control**, v. 60, p. 56-67, 2012.

SURESH, V. Studies on mango gummosis with special reference to *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Moube. 2014. 93f. **Dissertação** (Master of Science in Agriculture). Acharya N.G. Ranga Agricultural University, Índia, 2014.

TEIXEIRA, H. *et al.* *Trichoderma* spp. decrease *Fusarium* root rot in common bean. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 334-336, 2012.

TERBLANCHÉ, F.C.; KORNELIUS, G. Essential Oil Constituents of the Genus *Lippia* (Verbenaceae) - A Literature Review, **Journal of Essential Oil Research**, v. 8, n. 5, p. 471-485, 1996.

THANGAVELU, R.; GOPI, M. Field suppression of Fusarium wilt disease in banana by the combined application of native endophytic and rhizospheric bacterial isolates possessing multiple functions. **Phytopathologia Mediterranea**. v. 54, p. 241-252, 2015.

TOMAZINI, E.Z. *et al.* *In vitro* antifungal activity of four chemotypes of *Lippia alba* (Verbenaceae) essential oils against *Alternaria solani* (Pleosporaceae) isolates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 2, p. 999-1010, 2016.

UDOMSILP, J. *et al.* Antifungal properties of essential oils from Thai medical plants against rice pathogenic fungi. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, Special Issue, p. 24-30, 2009.

UGULINO, A.L.N. *et al.* Inhibition effect of vegetable oils on the mycelial growth of *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid. **Journal of Agricultural Science**. v. 10, n. 6, p. 49-56, 2018.

VIANA, F.M.P. *et al.* Podridão basal pós-colheita do coco verde no estado do Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 5, 2002.

VIANA, F.M.P. *et al.* Principais Doenças do Maracujazeiro na Região Nordeste e seu Controle. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 12p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 91).

VIANA, F.M.P. *et al.* Principais Doenças do Maracujazeiro na Região Nordeste e seu Controle. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 12p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 91).

WANG, R.Y. *et al.* First report of *Fusarium solani* causing Fusarium root rot and stem canker on storage roots of sweet potato in China. **Plant disease**, v. 98, n. 1, p. 160, 2014.

WILSON, M.R.; GALLIMORE, W.A.; REESE, P.B. Steroid transformations with *Fusarium oxysporum* var. *cubense* and *Colletotrichum musae*. **Steroids**, v. 64, p. 834-843, 1999.

WOUDENBERG, J.H.C. *et al.* *Alternaria* redefined, **Studies in Mycology**, v. 75, p. 171-212, 2013.

YAN, F. *et al.* Effect of rhamnolipids on *Rhodotorula glutinis* biocontrol of *Alternaria alternata* infection in cherry tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 97, p. 32-35, 2014.

YENJIT, P. *et al.* Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of Areca catechu against *Colletotrichum gloeosporioides* *in vitro* and in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 129-132, 2010.

ZHU, S.; MA, B. Benzothiadiazole- or methyl jasmonate-induced resistance to *Colletotrichum musae* in harvested banana fruit is related to elevated defense enzyme activities. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 82, n. 4, p. 500-506, 2007.

ŽIVKOVIĆ, S. *et al.* Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. **Archives of Biological Sciences**, v. 62, n. 3, p. 611-623, 2010.

ZOGHBI, M.G.B. *et al.* Essential oils of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br growing wild in the Brazilian Amazon, **Flavour and Fragrance Journal**, v. 13, p. 47-48, 1998.

ZACARONI, L.M. *et al.* Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta amazônica**, v. 39, n. 1, p. 193-198, 2009.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; CHAVES, G.M. Controle químico de doenças de plantas. Brasília: ABEAS, 1995, 307p.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; SILVA, M.B. Controle de doenças de plantas. Brasília: ABEAS, 1997, 120p.