



Diego Ramiro N. DOS SANTOS*

 <https://orcid.org/0000-0003-2029-5259>

Luiz Fernando Caldeira RIBEIRO**

 <https://orcid.org/0000-0002-8637-6425>

Recebido em: 16 de maio de 2023.

Aprovado em: 20 de outubro de 2023.

AVALIAÇÃO DE EXTRATOS DE PIMENTAS NO CONTROLE DO BOLOR VERDE DOS CITROS (*Penicillium digitatum*)

RESUMO

As doenças de pós-colheita são responsáveis por enormes perdas na qualidade dos frutos cítricos e com isso há uma depreciação no valor comercial desses produtos agrícolas. Dentre as principais doenças, o Bolor Verde dos citros (*Penicillium digitatum*) é o que causa as maiores perdas em relação às outras podridões comuns em frutos cítricos, em pós-colheita. Para buscar métodos de controle que causem menos impacto ao meio ambiente, há o uso de controle alternativo com extratos vegetais, que tem se tornado uma linha de pesquisa na fitopatologia. O experimento teve como objetivo a avaliação do desempenho dos extratos nos sistemas de cultivo in vivo e in vitro, com tratamentos compostos por três pimentas, a Bode Vermelha (*Capsicum Annuum*), a Bode Salmão (*Capsicum chinense*) e a Malagueta (*Capsicum frutescens*), avaliadas na forma de extratos naturais, sendo a concentração do extrato nos tratamentos 00, 100, 200, 500, 1.000, 2.000, 5.000 e 10.000 ppm (partes por milhão). Os resultados médios foram submetidos à análise da variância de Scott Knott a 1% de probabilidade. Na avaliação das repetições, foi usado o modelo de regressão analítica para os tratamentos em cada espécie. Os resultados mostraram que a Pimenta Bode Vermelha foi mais eficiente no controle do Bolor Verde dos citros, seguida pela Pimenta Bode Salmão e pela Pimenta Malagueta.

Palavras-chave: Pós-colheita. *Penicillium digitatum*. Extratos vegetais, Controle alternativo.

EVALUATION OF PEPPER EXTRACT IN THE CONTROL OF CITRUS GREEN MOLD (*Penicillium digitatum*)

ABSTRACT

Postharvest diseases are responsible for huge declines in the quality of citrus fruit and, as a result, a depreciation in the commercial value of these agricultural products. Green citrus mold (*Penicillium digitatum*) is one of the main diseases that cause the greatest losses compared to other common post-harvest decays on citrus fruits. In order to find control methods with lower environmental impact, the use of alternative control with plant extracts has become a field of research in phytopathology. The experiment aimed to evaluate the performance of the extracts in the in vivo and in vitro culture conditions, with treatments consisting of three chili peppers, Chili Pepper (*Capsicum Annuum*), Habanero Pepper (*Capsicum chinense*), and Tabasco (*Capsicum frutescens*), evaluated in the form of natural extracts, with the concentration of the extract in the treatments being 00, 100, 200, 500, 1,000, 2,000, 5,000 and 10,000 ppm (parts per million). The average results were submitted to Scott Knott's analysis of variance at 1% probability. To evaluate the repetitions, the analytical regression model was used for the treatments in each species. The results showed that Red Chili Pepper was the most effective at controlling green citrus mold, followed by Habanero Pepper, and Tabasco Pepper.

Keywords: Postharvest, *Penicillium digitatum*, Plant extracts, Alternative control.

*Agrônomo pela Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta. Tem se dedicado ao estudo de microrganismos fitopatogênicos e extensão rural. Participou com bolsista voluntário do Laboratório de Fitopatologia (LabFit) e desenvolveu pesquisa com extratos naturais no controle de doenças de pós colheita em frutos de laranja e mamão, e-mail: diegoramiroagro@gmail.com

**Engenheiro Agrônomo graduado pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo, com mestrado e doutorado na área de Fitopatologia realizados na ESALQ. Atualmente ocupa o cargo de Professor Efetivo Adjunto, lotado na Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias na Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta. Tem se dedicado ao estudo de microrganismos fitopatogênicos em diversas culturas localizadas na Amazônia Meridional, buscando aumentar os conhecimentos sobre o papel destes fitopatógenos no agroecossistema Norte Matogrossense e ao Desenvolvimento Sustentável, utilizando a extensão rural e a ciência de dados como ferramentas na busca de novas formas de desenvolvimento sustentável, e-mail: luizribeiro@unemat.br

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, o Brasil encontra-se em primeiro lugar na produção de laranja, à frente da China, União Europeia e Estados Unidos. (FEITOZA; GASPAROTTO 2020; IBGE 2022). No ano de 2019, as exportações de laranja fresca e do suco concentrado foram de 20.155.000 e 1.397.000 toneladas, respectivamente (IBGE, 2019). No ano de 2022, produção de citrus foi de 16.214.982 de toneladas para uma área cultivada de 578.057 hectares (IBGE, 2023). Segundo estimativas da FAO, cerca de um terço da produção de olerícolas e de frutas são perdidas após a colheita (GUSTAVSSON; CEDERBERG; SONESSON, 2011). Dentre os fatores de perda, as doenças afetam tanto a qualidade como a quantidade dos produtos comercializáveis (TERAO *et al.*, 2020).

O conhecimento dos problemas fitossanitários da citricultura é de suma importância para o manejo da cultura, dos valores nutricionais e dos valores de mercado (KUPPER *et al.* 2013). Os fungos são os principais agentes etiológicos responsáveis pelas perdas na pós-colheita, com valores de variam de 25% e 50% da produção total (SPADARO; DROBY, 2016). O Bolor Verde, caudado pelo fungo *Penicillium digitatum*, encontra-se como a mais importante doença de pós-colheita (CARMONA-HERNANDEZ *et al.*, 2019).

O fungo *P. digitatum* (Pers.: Fr) Sacc. está amplamente disseminado em todas as regiões produtoras, causando, em média, 90% das perdas em frutos cítricos (BENATO *et al.*, 2018; BAZIOLI *et al.*, 2019), reduzindo o período de prateleira e na qualidade dos frutos (GHOOSHKHANEH; GOLZARIAN; MAMARABADI, 2018).

A doença se estabelece devido a ferimentos na casca, como porta de entrada para o patógeno, sendo que esses ferimentos, geralmente, ocorrem durante a colheita, transporte, armazenamento ou comercialização dos frutos através do atrito mecânico. Alguns ferimentos podem ser causados também por insetos, antes da colheita dos frutos, abrindo caminho para o ataque fúngico (CASTRO, 2020). A infecção não ocorre de um fruto doente para um sadio, já que não há transmissão por contato (PAULA, 2020).

O manejo da doença é realizado através do uso de agrotóxicos nos frutos após a colheita. Os resíduos tóxicos da aplicação são maléficos para o consumidor, com consequências para a saúde pública e para o meio ambiente (TERAO *et al.*, 2020). No entanto, o tratamento hidrotérmico, radiação ultravioleta C (UV-C) e os controles biológico (Casca de romã, Óleos Essenciais, Quitosana e Extrato de Algas) são mais sustentáveis e também apresentam resultados satisfatórios (SANTOS *et al.*, 2022).

Os frutos de laranja pera são tratados com fungicidas químicos, entre eles o thiabendazole e o imazalil que apresentam grande eficiência no manejo das doenças e os fungicidas podem ser combinados a fim de surtir um efeito maior de controle sobre o Bolor Verde do Citros (FISCHER *et al.*, 2013).

O uso contínuo de agrotóxicos pode ocasionar o aparecimento de agentes patogênicos resistentes, reduzindo a eficiência do controle empregado. A não utilização de moléculas químicas na agricultura orgânica pode limitar o controle químico nas culturas (ARAÚJO; TOLEDO; SOARES, 2018).

As boas práticas agrícolas adotadas no manejo de doenças na atualidade e tendo como o princípio a utilização de produtos naturais, como por exemplo, os extratos naturais e óleos essenciais de plantas, apresentam uma alta atividade microbiana por possuírem uma diversidade bioquímica e biológica (BIASI-GARBIN *et al.*, 2016, CONTIGIANI *et al.*, 2018). A utilização de óleos essenciais pode ser uma opção menos prejudicial, sendo um método alternativo para diminuir e/ou substituir o uso de controle químico, gerando benefícios como a redução de custos e a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente (SILVA *et al.*, 2018).

A grande diversidade e abundância da flora brasileira e a facilidade de obtenção de matéria-prima pelos produtores rurais somadas ao baixo custo, redução da pressão de seleção e baixo impacto ambiental são fatores de favorecem a adoção e utilização de produtos fitoterápicos (SIMÕES *et al.*, 2004, TINTINO *et al.*, 2013, BRITO; NASCIMENTO, 2015, BRAGA *et al.*, 2017).

Pimentas do gênero *Capsicum* apresentam diversos relatos dos seus benefícios em diversas áreas, como por exemplo as de saúde, defesa pessoal e fitossanitária e na nutrição (PINTO, 2013). Os frutos desse gênero são ricos em atividades biológicas, como antifúngicas, antioxidantes, antidiabéticas, antitumorais, antitrombóticas e antimicrobianas (BUTIMEA-CANTUA *et al.*, 2020; SOSA-MOGUEL *et al.*, 2017). O isolamento de vários agentes compostos químicos, como: alcaloides, amidas, propenilfenóis, ligninas, neolignanas, terpenos, esteroides, piperólídeos, chalconas, diidrocalconas, flavonas e flavanonas, com diferentes atividades biológicas (ARROYO *et al.*, 2022). Efeitos farmacológicos de extratos de pimenta (etanólico e metanólico) e seus óleos essenciais foram demonstrados, incluindo atividades antileishmania, antibacteriana, citotóxica e antifúngica (SALEHI *et al.*, 2019).

Partindo do princípio de que os extratos vegetais têm capacidade de atuar como agentes antimicrobianos, o trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de extratos aquosos de pimenta

bode vermelha, bode salmão e malagueta no controle do agente causal do Bolor Verde dos citros em pós-colheita.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O agente causal do Bolor Verde, o fungo *Penicillium digitatum*, foi constantemente isolado de frutos de laranja com sintomas da podridão. Foram retirados da região limite entre o tecido sadio e lesionado discos com 0,5 cm de diâmetro, desinfestados com álcool 70% por 1 minuto e, posteriormente, com hipoclorito de sódio 1,5% também por 1 minuto. Os discos foram incubados em meio de ágar-água, em placas de Petri a 21° C, sob luz ultravioleta (NUV) constante e por um período de incubação de 48 horas. Posteriormente, foram retirados discos dos bordos das colônias e transferidos para um meio de Batata Dextrose e Ágar (BDA). A manutenção dos isolados foi realizada pelo armazenamento dos tubos de ensaio com BDA a 5°C. O isolamento e manutenção do fungo foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campus* Universitário de Alta Floresta.

Os extratos vegetais foram obtidos de frutos de pimenta malagueta, bode vermelha e bode salmão. Uma amostra de 5,0 gramas de material vegetal foi macerada em 100 ml de água destilada esterilizada, durante 10 minutos. Posteriormente, foi realizada a filtragem do material, utilizando-se papel de filtro (Whatman n°1) e uma refiltragem em membrana filtrante de porosidade de 0,45mm. Visando à não alteração da composição química dos extratos de acordo com o tempo e o ambiente de exposição, estes foram utilizados logo em seguida a sua obtenção.

Para a avaliação *in vitro*, os extratos, individualmente, foram incorporados ao meio de BDA fundente (aproximadamente 45°C), obtendo-se as seguintes concentrações: 0 (testemunha), 100, 200, 500, 1.000, 2.000, 5.000 e 10.000 ppm (partes por milhão), onde cada concentração representou um tratamento. Os tratamentos foram inoculados e incubados sob luz NUV contínua, a 21° C e por um período de 10 dias de idade, crescidas em placas com BDA. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, sendo que cada tratamento foi composto por quatro placas e com 3 repetições.

A avaliação da produção de esporos foi realizada no décimo dia, adotando-se a seguinte metodologia: para cada placa, foram adicionados 50mL de água, acrescidos de uma gota de Tween 20 e realizada a suspensão dos esporos. A contagem dos esporos foi realizada através de contagem em lâmina de hemocitômetro e as médias obtidas em três avaliações e transformadas em conídios por cm² de colônia.

Para a modelagem da avaliação *in vivo*, frutos de laranja pera, adquiridos no mercado local, foram utilizados como substratos para a colonização do fungo. As laranjas foram lavadas em água corrente e, posteriormente, sanitizadas com uma solução de hipoclorito de sódio/água (1:3) e, posteriormente, secas. Em seguida, foi realizada uma pulverização com os extratos de pimentas bode vermelha, bode salmão e malagueta, nas concentrações de 0, 100, 200, 500, 1.000, 2.000, 5.000 e 10.000 ppm, em que cada concentração é representativa para um tratamento. Após o tratamento, os frutos foram colocados em uma câmara úmida (95% de umidade relativa) por 24 horas.

As laranjas foram infectadas através do depósito de discos de micélio em áreas feridas, com um perfurador flambado, a uma profundidade de dois cm, no centro dos frutos. Após a inoculação, os frutos foram ensacados por 24 horas e acondicionados em uma bancada a fim de deixá-los sobre influência ambiental constante, simulando fruteiras expostas ao ambiente de Alta Floresta, MT.

Foram utilizadas 20 parcelas e o delineamento inteiramente casualizado foi utilizado na avaliação do controle sobre os tratamentos propostos. As medições de crescimento micelial foram realizadas no sétimo, nono e décimo dias após a sua inoculação no fruto. Com o auxílio de um paquímetro, foram feitas medições do crescimento radial da colônia em dois eixos ortogonais, sendo posteriormente calculada uma média. Os dados obtidos na avaliação foram transformados em $\sqrt{x} + 1$, devido às análises dos dados serem através de contagem e seguirem, frequentemente, a distribuição de Poisson e, posteriormente, submetidos à análise de variância. O teste de Scott Knott a 1% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008) foi utilizado para a comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados na avaliação *in vitro* e *in vivo* da produção de esporos do agente causal do Bolor Verde são apresentados abaixo.

3.1 Avaliação *in vitro*

Os resultados da inibição, *in vitro*, da produção de esporos do fungo *Penicillium digitatum* na presença dos extratos aquosos são apresentados na Tabela 1. Resultados com melhores inibições foram obtidos com os extratos de pimenta Bode Salmão, Bode vermelha e

Malagueta a partir da concentração de 100 ppm. Nenhum extrato conseguiu inibir totalmente a esporulação do fungo avaliado. Os extratos de pimenta Bode Salmão e Malagueta apresentaram os menores valores de inibição. O extrato de pimenta Salmão não diferiu estatisticamente do extrato da pimenta calabresa em concentrações acima de 500 ppm.

Tabela 1 - Avaliação dos extratos vegetais em diversas concentrações sobre a produção de esporos de *Penicillium digitatum* medida através da contagem de esporos com 10 dias de idade.

Tratamento	Bode Salmão	Bode vermelha	Malagueta	C.V.
Produção de esporos x 10 ⁸ mL ⁻¹				
Testemunha	4,566 aA	4,768 aA	4,943 aA	2,17
100	3,860 bA	3,975 bA	4,024 bA	2,56
200	3,789 bA	3,828 bA	3,991 bA	2,63
500	3,659 bcA	2,942 bcB	3,485 cA	3,03
1000	3,460 cdA	2,397 cdB	3,228 cdA	3,37
2000	3,320 deA	2,274 deB	3,008 dA	3,57
5000	3,723 eA	2,061 eB	2,793 eA	3,85
10000	2,691 fA	1,943 fB	2,720 eA	4,17
C.V.	2,90	2,81	2,88	-

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesmas letras minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

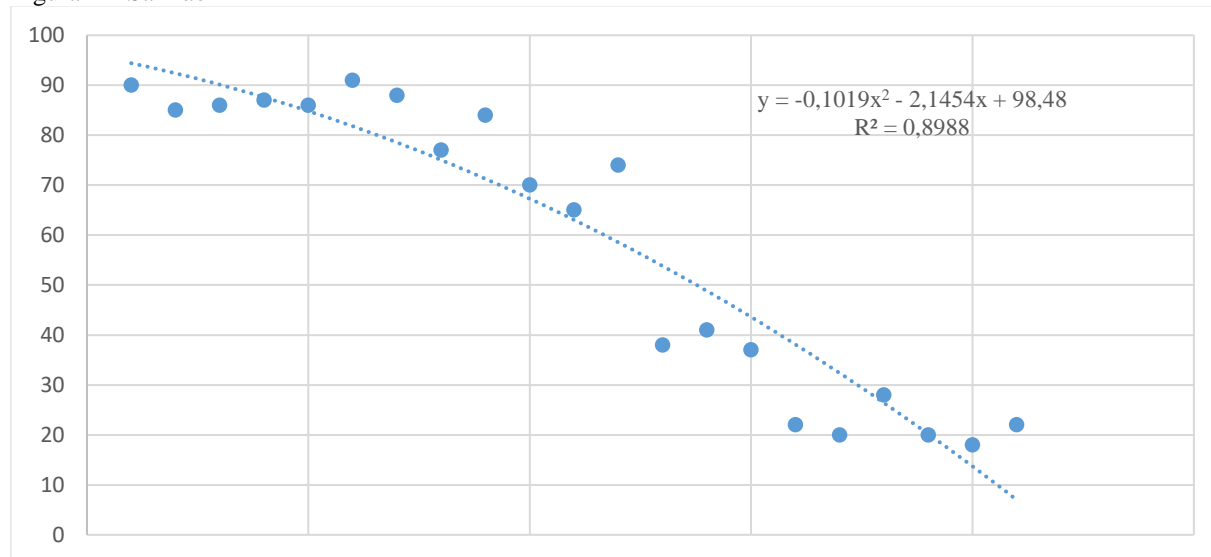
Todos os extratos utilizados à medida que se aumentou a concentração apresentaram potenciais de inibição crescente. O extrato de pimenta Bode Vermelha apresentou as maiores porcentagens inibitórias de esporulação atingindo de 50 a 60%.

Para pimenta Bode Salmão, o potencial de inibição variou entre 15,50 a 41,10%, para as concentrações de 100 e 10000 ppm, respectivamente. Para a pimenta malagueta os limites ficaram entre 18,60 e 45,00%.

A porcentagem de inibição na produção de esporos, em relação às concentrações dos extratos naturais apresentaram um melhor ajuste ao modelo logarítmico (Figura 1).

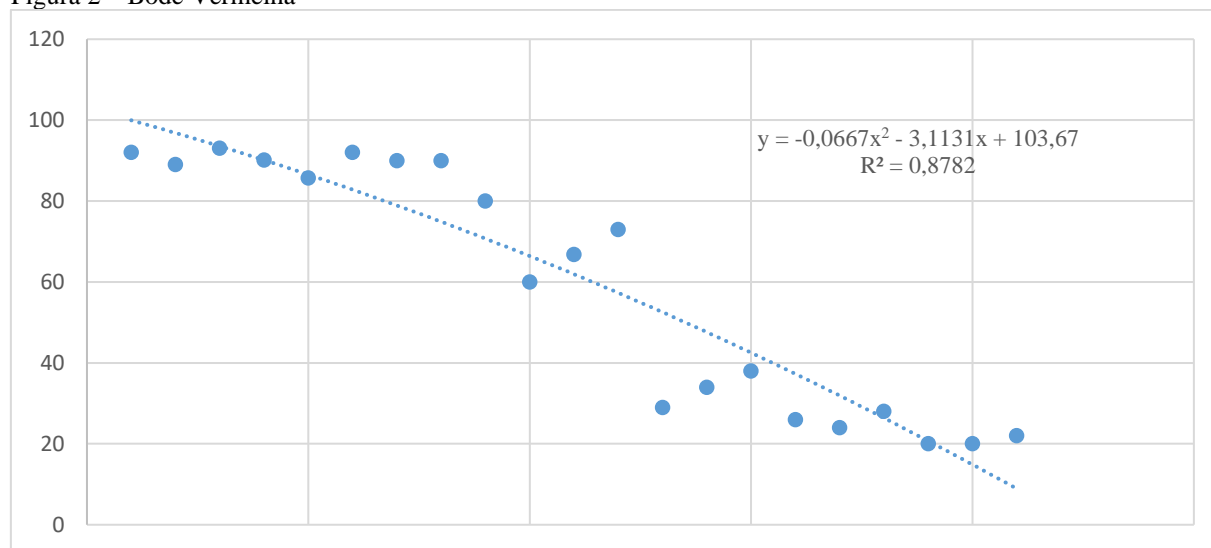
Figura 1, e 3 - Avaliação da inibição em diferentes concentrações de extratos de pimentas sobre a inibição de esporulação de *Penicillium digitatum*

Figura 1 – Salmão



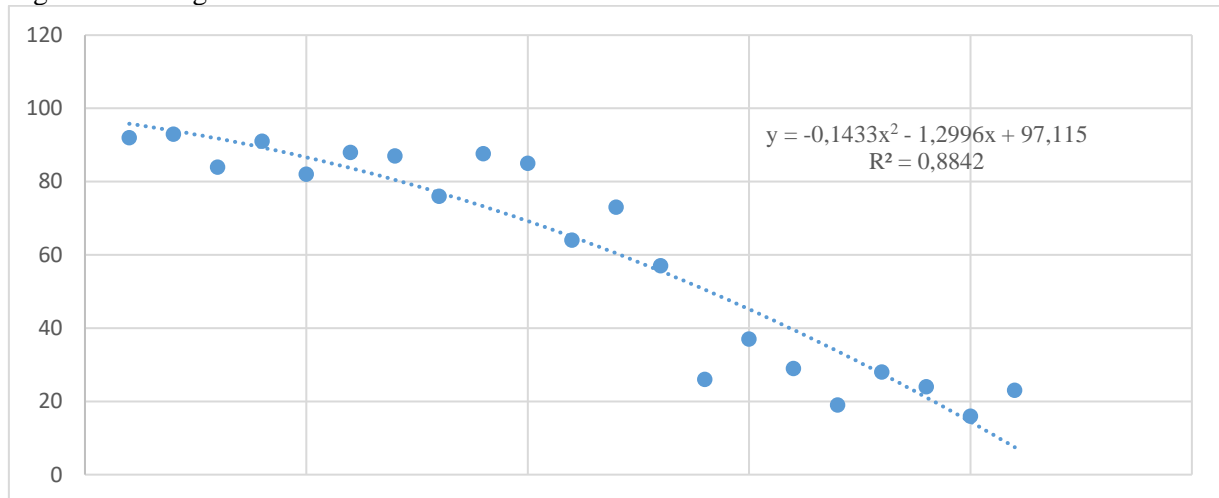
Fonte: Dos próprios autores.

Figura 2 – Bode Vermelha



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 3 - Malagueta



Fonte: Dos próprios autores.

Dentre as repetições demonstradas pela regressão analítica para o teste de controle *in vitro*, o extrato que apresentou o melhor resultado dentre os três extratos de pimenta, foi o extrato de pimenta Bode Salmão $R^2=89,88\%$, seguido pela pimenta Malagueta $R^2=88,42\%$ e, consecutivamente, Pimenta Bode Vermelha $R^2=87,82\%$.

Os resultados obtidos para a Pimenta Bode Vermelha não corroboram com os obtidos por Almeida *et al.* (2012), pois para o estudo do controle da mela do feijoeiro, causado por *Rhizoctonia solani* Kuhn, os extratos de pimenta bode vermelha não demonstraram eficácia no controle da doença.

Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro *et al.* (2009) na eficiência dos extratos de pimenta malagueta no controle de murcha bacteriana, diferindo na concentração do biocida, sendo que, no atual trabalho, obteve-se uma eficiência semelhante, utilizando-se uma menor. Resultado semelhante obteve o extrato de pimenta malagueta quando comparado no controle de *Ralstonia solanacearum* nos estudos de Tavanti *et al.* (2013), sendo que os autores apresentaram, nas concentrações acima de 1000 ppm, o melhor resultado. Felito *et al.* (2013), no trabalho de avaliação do controle de *R. solanacearum* na cultura do eucalipto, avaliando os mesmos extratos empregados nesse estudo, obtiveram uma eficiência média de 53% para concentrações acima de 2000 ppm.

Extrato de pimenta Malagueta também apresentou resultados significantes no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* (RIBEIRO, BEDENDO, 1999) e na taxa de crescimento micelial, esporulação e germinação do esporo de *Mycosphaerella fijiensis* e na inibição da germinação de esporos *Magnaporthe orizae* (OLIVEIRA, 2011).

A redução do número e da germinação dos esporos de um fungo consiste em uma forma eficaz de controle das doenças, pois os esporos são os pontos iniciais para a sobrevivência e disseminação do fungo e de suma importância para o início dos ciclos secundários das doenças (ITAKO *et al.*, 2009).

3.2 Avaliação *in vivo*

Os tratamentos de pimenta Malagueta 10000 ppm, Bode Salmão 10000 ppm, Bode Vermelha 10000 ppm, Bode Salmão 5000 ppm, Bode Vermelha 5000 ppm, Malagueta 5000 ppm, Bode Vermelha 2000 ppm, Bode Salmão 2000 ppm controlaram, respectivamente, a doença em 77,6; 77,1; 76,5; 73,4; 72,7; 72,5; 65,0 e 63,1%, quando comparados a testemunha com tiabendazole, que apresentou uma eficiência de 100% no controle (Tabela 2). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para a severidade da doença. Os demais tratamentos apresentaram controle da doença inferior a 60%.

Tabela 2 -Avaliação de Incidência e Severidade do Bolor Verde em frutos de laranja ‘Pera’, por extratos naturais de pimentas.

Tratamento	Incidência ^a	Severidade ^b	*	Controle %
Testemunha com Inóculo	100	91,67	a	0,0
Bode Vermelha 100 ppm	100	91,30	a	0,4
Bode Vermelha 200 ppm	100	89,60	ab	2,3
Malagueta 100 ppm	100	89,33	ab	2,6
Bode Salmão 100 ppm	100	88,51	ab	3,4
Bode Salmão 200 ppm	100	88,17	ab	3,8
Malagueta 200 ppm	100	88,00	ab	4,0
Bode Vermelha 500 ppm	100	86,52	ab	5,6
Malagueta 500 ppm	100	84,42	abc	7,9
Bode Salmão 500 ppm	100	83,33	abcd	9,1
Malagueta 1000 ppm	93	73,72	bcd	19,6
Bode Salmão 1000 ppm	90	69,14	cd	24,6
Bode Vermelha 1000 ppm	93	66,15	d	27,8
Malagueta 2000 ppm	87	40,38	e	56,0
Bode Salmão 2000 ppm	87	33,86	ef	63,1

Bode Vermelha 2000 ppm	87	32,05	ef	65,0
Malagueta 5000 ppm	83	25,19	ef	72,5
Bode Vermelha 5000 ppm	87	24,99	ef	72,7
Bode Salmão 5000 ppm	83	24,36	ef	73,4
Bode Vermelha 10000 ppm	77	21,52	f	76,5
Bode Salmão 10000 ppm	77	20,96	f	77,1
Malagueta 10000 ppm	77	20,54	f	77,6
Fungicida Tiabendazole I	0	0,00	g	100,0
Testemunha Sem Inóculo	0	0,00	g	100,0

Fonte: Dos próprios autores.

x Dez frutos por tratamento; y S=(diâmetro médio da lesão/altura média de todos os frutos do ensaio)x100; Leitura após 5 dias de incubação a 25 °C±5 e 85-90% UR.

* Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Os dados obtidos no experimento não corroboram os dados de Meira (2008), sendo que para o controle da bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *Passiflora* na cultura do maracujá, a pimenta que apresentou maior eficiência no controle foi o extrato aquoso de pimenta malagueta. Nesse estudo, o extrato de pimenta bode não apresentou resultado significativo para efeito de controle do crescimento bacteriano.

Plantas do gênero *Capsicum* apresentam os maiores índices de atividade antimicrobianas (RIBEIRO; BEDENDO, 1999). O controle de agentes patogênicos está associado a substâncias encontradas nas pimentas, como safrol, miristicina, eugenol, dillapiol e apiol, que apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes (ZACARONI *et al.*, 2009). A safrol apresenta-se como o composto com maiores porcentagens em óleos e extratos de pimenta e a sua porcentagem está associada ao local, horário e condições de solo do local da coleta (FAZOLIN *et al.*, 2007; SIMÕES *et al.*, 2004).

3.3 Comparação entre *in vitro* e *in vivo*

Dentre as repetições demonstradas pela regressão analítica, para o teste de controle *in vitro*, o extrato que apresentou o melhor resultado, dentre os três extratos de pimenta, foi o extrato de pimenta Bode Salmão, seguido pela pimenta Malagueta e, consecutivamente, Pimenta Bode Vermelha. Para o teste *in vivo* houve uma divergência quanto ao melhor extrato, sendo o extrato de Pimenta Bode Vermelha R²=97,14%, o melhor entre as espécies de pimentas

avaliadas nas repetições, seguida de Pimenta Malagueta $R^2=96,11\%$ e, sequencialmente, a Pimenta Bode Salmão $R^2=95,97\%$.

Para a análise dos resultados da avaliação, nota-se que a Pimenta Bode Vermelha é a que possui o melhor nível de controle *in vitro* para o teste de avaliação da incidência e severidade da doença, enquanto as repetições submetidas à regressão analítica dentre as repetições, aponta também a Pimenta Bode Vermelha como o melhor controle *in vivo* dentre os tratamentos. Quando se verificam os valores de análise da variância para a Pimenta Bode Salmão, a mesma apresenta um nível de controle maior *in vivo* do que as demais pimentas, porém os melhores tratamentos não diferem estatisticamente das pimentas Bode Vermelha, a mesma divergência ocorre para a análise de regressão analítica, nela as repetições dos tratamentos mostram que a Pimenta Bode Salmão é a mais efetiva no controle dentro do próprio tratamento no sistema de controle *in vitro*.

4 CONCLUSÃO

O experimento mostrou que o melhor resultado foi Pimenta Bode Vermelha, seguida da Bode Salmão. Os métodos de controle alternativos são eficazes, mas requerem um estudo aprofundado das moléculas com poderes fungitóxicos, pois são uma saída mais sustentável ecologicamente em contrapartida aos problemas de impacto ambiental causados por produtos químicos sintéticos e seu uso excessivo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, U. O. *et al.* Efeito de extratos de pimenta do gênero capsicum no controle da mela do feijoeiro (*Rhizoctonia solani*) *in vivo*. **Tropical Plant Pathology** 37 (Suplemento), agosto 2012 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia - Manaus, AM. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/933886/efeito-de-extratos-de-pimenta-do-genero-capsicum-no-controle-da-mela-do-feijoeiro-rhizoctonia-solani-in-vivo>.

ARAÚJO, A. C.; TOLEDO, E. D.; SOARES, W. R. O. Produtos Alternativos no Controle de *Colletotrichum spp.* Isolados de Manga e Banana. **Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.29247/2358-260X.2018v5i3.p104-112>.

BAZIOLI, J. M. *et al.* Biological Control of Citrus Postharvest Phytopathogens. **Toxins**, v. 11, n. 8, p. 460, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxins11080460>.

ARROYO, J. *et al.* Estudio anatómico e histoquímico de los órganos vegetativos de *Piper aduncum* L. (*Piperaceae*). **Polibotánica**, México, n. 54, p. 185-202, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.12>.

BENATO, E. A. *et al.* Óleos essenciais e tratamento térmico no controle pós-colheita de bolor verde em laranja. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 1, p. 65–71, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/175659>.

BERGO, C. L.; SILVA M. R. Avaliação do efeito da época de corte da pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no rendimento de óleo essencial. Boletim de pesquisa, 151. **Embrapa – CPAF/AC**, Rio Branco, Acre. 1999. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111912/1/3767.pdf>.

BIASI-GARBIN, R. P. *et al.* Antifungal Potential of Plant Species From Brazilian Caatinga Against Dermatophytes. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 58, p. 18, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-9946201658018>.

BRAGA, A. G. S. *et al.* Atividade pesticida de extratos de *Piper tuberculatum* Jacq sobre *Haematobia irritans* L. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 1, p. 54–57, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164384/1/Atividade-pesticida-de-extratos-de-Piper-tuberculatum-Jacq-sobre-Haematobia-irritans-L.-Biota-Amazonica-2017.pdf>.

BRITO, N. M.; NASCIMENTO, L. C. Potencial fungitóxico de extratos vegetais sobre *Curvularia eragrostidis* (P. Henn.) Meyer in vitro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 230–238, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084X/10_057.

BUITIMEA-CANTÚA, G.V. *et al.* GC-EIMS analysis, antifungal and antiaflatoxic activity of *Capsicum chinense* and *Piper nigrum* fruits and their bioactive compounds capsaicin and piperine upon *Aspergillus parasiticus*. **Nat Prod Res.** v. 34, n. 10, p. 1452-1455. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1514395>.

CARMONA-HERNANDEZ, S. *et al.* Biocontrol of Postharvest Fruit Fungal Diseases by Bacterial Antagonists: A Review. **Agronomy**, v. 9, n. 3, p. 121, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy9030121>.

CASTRO, N.de. **Busca de uma estratégia de controle para bolores em frutos de laranja.** 2020. 48 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária.) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, SP, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/193125>.

CONTIGIANI, E. V. *et al.* Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa* Duch cv. Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, p. 1639-1650, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2127-0>.

FAZOLIN, M. *et al.* Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & k.shum sobre *Tenebrio*

molitor L. 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 113-120. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112685/1/15186.pdf>.

FEITOZA F. S., GASPAROTTO A. M. S. Um estudo sobre a produção nacional de suco de laranja concentrado. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 625–634, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.768>.

FELITO, R. A. *et al.* Avaliação da eficiência de extratos aquosos de pimentas no controle de *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, agente causal da mancha angular na abobrinha “menina brasileira”. In: VI Congresso Brasileiro de Defensivos Agrícolas Naturais (COBRADAN), 2013. **Anais...** João Pessoa-PB. 2013. v. 1. p. 140.

FISCHER, I. H. *et al.* Doenças pós-colheita em laranja 'Pêra' produzida em sistema orgânico econvencional e resistência de *Penicillium digitatum* a fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 28-34, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000100005>.

GHOOSHKHANEH, N. G.; GOLZARIAN, M. R.; MAMARABADI, M. Detection and classification of citrus green mold caused by *Penicillium digitatum* using multispectral imaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 9, p. 3542-3550, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8865>.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U. Global food losses and food waste. Rome: **Food and Agriculture Organization (FAO)** of the United Nations, 2011. 29 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - Estatística da Produção Agrícola. [https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2019/estProdAgri_201912.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2019/estProdAgri_201912.pdf). Rio de Janeiro. 2019.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária: Produção de Laranja**. Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/laranja/br>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Tabela 6588 - Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras**. Rio de Janeiro. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>.

ITAKO, A. T. *et al.* Controle de *Cladosporium Fulvum* em Tomateiro por Extratos de Plantas Medicinais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 1, p. 75–83, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v76p0752009>.

KUPPER, K. C. *et al.* Avaliação de microrganismos antagônicos, *Saccharomyces cerevisiae* e *Bacillus subtilis* para o controle de *Penicillium digitatum*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 425–436, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200011>

MEIRA, L.P. **Controle “in vitro”, Utilizando Extratos Vegetais e Tetraciclina no Controle de *Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae***. 2008. 36 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia), Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, 2008.

OLIVEIRA, T.S. **Avaliação antifúngica de extrato de Pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), Nim (*Azadirachta indica*) e Alho (*Allium sativum* L.) no desenvolvimento in vitro de *Mycosphaerella fijiensis***. 2011. 45f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia), Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2011. Disponível em: <https://edoc.ufam.edu.br/bitstream/123456789/2575/6/TCC-Agronomia-2012-Arquivo.004.pdf>

PAULA, F. B. F de. ***Candida stellimalicola* e *rhodotorula minuta* para o biocontrole do bolor azul em frutos cítricos**. 2020. 105 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária.), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/4e176291-d6ff-463d-8d75-a7a4a2013af2/download>.

PINTO, C. M. F.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v.3, n.2, p.108-120, 2013, Viçosa-MG. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/download/2816/1299>.

RIBEIRO, L. F.; BEDENDO, I. P. Efeito inibitório de extratos vegetais sobre *Colletotrichum gloeosporioides* - agente causal da podridão de frutos de mamoeiro. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1267–1271, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000500031>

RIBEIRO, L. F. C. *et. al.* Controle “in vitro” da murcha bacteriana no tomateiro utilizando os extratos de alho, hortelã e pimenta dedo-de-moça. *In: 2º Jornada Científica da Unemat. 5º Congresso Interno de Iniciação Científica da Unemat (CONIC), 2009. Anais...* Barra do Bugres – MT, 2009. Disponível em: http://www.unemat.br/eventos/jornada2009/resumos_conic/Expandido_00163.pdf.

SALEHI, B. *et al.* Piper species: A comprehensive review on their phytochemistry, biological activities and applications. **Molecules**, v. 24, n. 7, p. 1364, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules24071364>.

SANTOS, L. S. *et. al.* Eficiência e Comparação de Tratamentos Contra o Bolor Verde em Laranjas: uma revisão bibliográfica. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 161–172, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infa.v19i1.1344>.

SILVA, L. S. *et. al.* Controle alternativo do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* com óleos essenciais. *In: VI Congresso Latino-americano de Agroecologia; X Congresso Brasileiro de Agroecologia; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno; 12 a 15 de setembro de 2017, Brasília/DF. Anais...* Cadernos de Agroecologia. v. 13, n. 1, p. 6, 2018. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1347/1756>.

SIMÕES, C. M. *et al.* Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS; Florianópolis: Ed. 5 da UFSC, Brasil. 2004, 1102 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/377628211/Farmacognosia-Da-Planta-Ao-Medicamento>.

SOSA-MOGUEL, O. *et al.* Biological activities of volatile extracts from two varieties of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). **Int J Food Proper**. v. 20, sup. 3, S3042-S3051. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1397694>.

SPADARO, D.; DROBY, S. Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: The importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 39-49. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.003>.

TAVANTI, T. R. *et al.* Avaliação de diferentes extratos naturais no controle de *Ralstonia solanacearum* na cultura do eucalipto. *In*: VI Congresso Brasileiro de Defensivos Agrícolas Convencionais (COBRADAN), 2013. **Anais...** João Pessoa-PB, 2013. v. 1. p. 138, 2013.

TERAO, D. *et al.* Métodos de controle alternativo do bolor-verde em laranja. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2020 (**Série Documentos Embrapa**). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216260/1/Terao-Metodos-controle-bolor-2020.pdf>

TINTINO, S. R. *et al.* Avaliação In vitro da atividade antimicrobiana e moduladora dos extratos etanólico e hexânico de bulbo de *Costus arabicus*. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 29, n. 3, p. 732–738, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14564>.

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 Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 193–197, mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100020>.